

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VŠB – TEHCNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY
KATEDRA ELEKTROENERGETIKY

Průzkum trhu – Zařízení a technologie pro výrobu obnovitelné energie

Market Research – Device and Technologies for Production of Renewable Energy

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 7.5.2010

.....

Petr Šibík

Abstrakt

Tato práce se zaměřuje na zmapování současné situace na trhu s výrobou energie z obnovitelných zdrojů. V jednotlivých kapitolách jsou popsány druhy obnovitelných zdrojů energie, zařízení a technologie, které k nim náleží. Zvláštní zaměření je na výrobu a následný prodej elektřiny z těchto zařízení. Rozdělení technologií je podle obecných i praktických možností jejich použití. U každého zdroje je proveden popis, členění a ekonomická rozvaha která nám řekne, zda se investice do vybraného zařízení vyplatí.

Abstrakt

This work focuses on mapping the current market situation with energy from renewable resource. In individual chapters are described types of renewable energy equipment and technology that belongs to them. Special focus is on manufacturing and selling of electricity from these facilities. Technology is a division of the general and practical use of them. Each resource description is made, broken, and economic balance that will tell us whether the investment is worth the selected device.

Klíčová slova

Sluneční záření, Fotovoltaika, Solární článek, Solární kolektory, Větrná elektrárna, Rychlost větru, Biomasa, Kogenerace, Vodní elektrárna, Turbína, Průtok, Elektrická energie, Tepelná energie, Instalovaný výkon, Návratnost investice, Výkupní cena

Keywords

Solar radiation, Photovoltaics, Solar cell, Solar panels, Wind power, Wind velocity, Biomass, Cogeneration, Hydroelectric turbine, Flow, Electrical energy, Thermal energy, Installed capacity, Return on investment, the purchase price

OBSAH

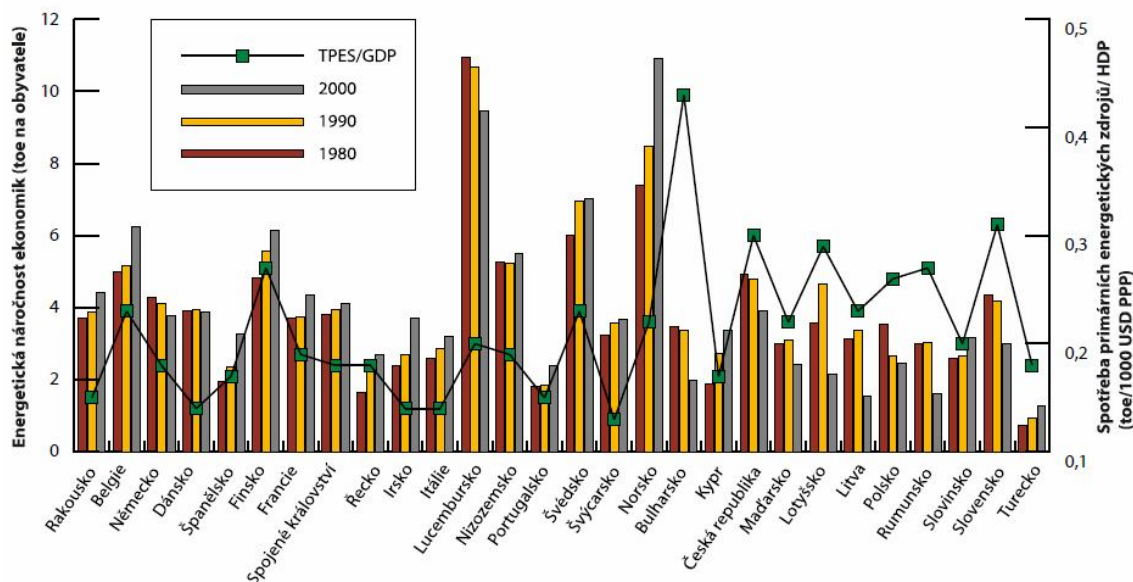
ÚVOD	7
SOLÁRNÍ ENERGIE	10
1. ÚVOD	10
1.1 Historie	10
1.2 Situace v ČR	11
1.2.1 Důvody rozvoje	12
2. POPIS ZAŘÍZENÍ A TECHNOLOGIE	12
2.1 Solární článek	12
2.2 Rozdělení solárních kolektorů	13
2.3 Solární systémy	14
2.3.1 Termický solární systém	15
2.3.2 Fotovoltaický solární systém	15
3. TECHNICKO-EKONOMICKÁ ANALÝZA	17
3.1 Technické předpoklady	17
3.2 Ekonomická studie	19
VĚTRNÁ NERGIE	21
1. ÚVOD	21
1.1 Historie	21
1.2 Situace v ČR	22
2. POPIS ZAŘÍZENÍ A TECHNOLOGIE	24
2.1 Druhy a rozdělení	24
3. TECHNICKO-EKONOMICKÁ ANALÝZA	27
3.1 Technické předpoklady	27
3.2 Ekonomická analýza	29
BIOMASA	30
1. ÚVOD	30
1.1 Historie	30
1.2 Situace v ČR	30
2. POPIS ZAŘÍZENÍ A TECHNOLOGIE	31
2.1 Zdroje biomasy	31
2.2 Zpracování biomasy	32
2.3 Využití biomasy	33
3. TECHNICKO-EKONOMICKÁ ANALÝZA	34
3.1 Technické předpoklady	34
3.2 Ekonomické předpoklady	35
VODNÍ ENERGIE	37
1. ÚVOD	37
1.1 Historie	38
1.2 Situace v ČR	38
2. POPIS ZAŘÍZENÍ A TECHNOLOGIE	41
2.1 Zdroje vodní energie	41
2.2 Hlavní objekty hydro-energetického díla	42
2.3 Základní systémy vodních elektráren	42
2.4 Rozdělení vodních elektráren	43
2.5 Vodní turbíny	44
3. TECHNICKO-EKONOMICKÁ ANALÝZA	46
3.1 Technické předpoklady	47
3.2 Ekonomické předpoklady	48

ZÁVĚR	51
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	52

Úvod

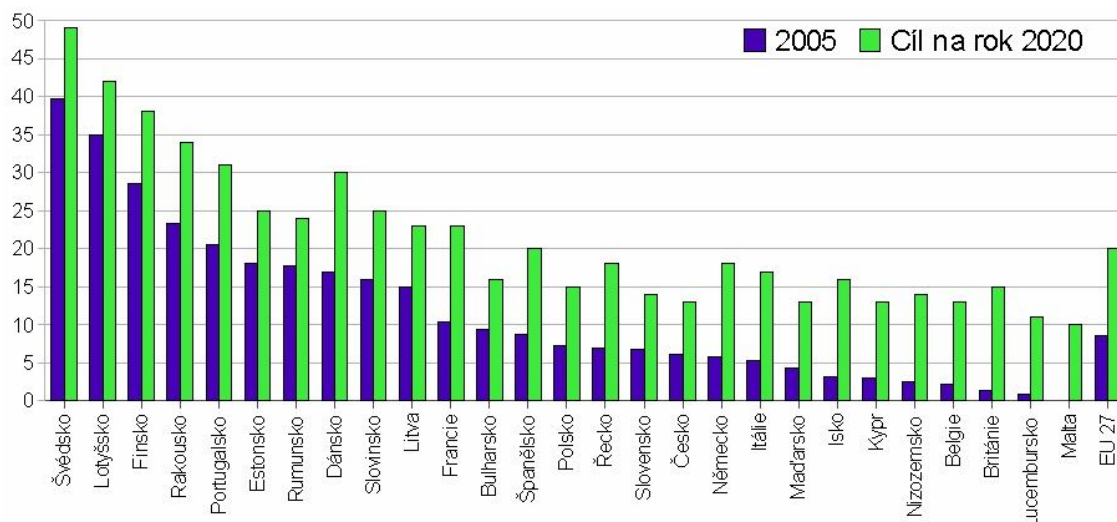
Bez energie by nebylo života ani dnešní civilizace. Životní úroveň člověka je přímo úměrná spotřebě energie. Průměrná spotřeba připadající na jednoho pozemšťana je přibližně 2 kW. To je zhruba 20 krát víc, než potřebuje lidský organismus ve formě potravy. Ve vyspělých zemích dosahuje průměrná spotřeba až 10 kW na obyvatele. V některých rozvojových zemích je naopak až stokrát nižší než průměr - tj. kolem 100 wattů na obyvatele. Je přirozené, že miliardy obyvatel těchto zaostalých zemí také chtějí žít lépe, což znamená podstatné zvýšení spotřeby energie. S růstem počtu obyvatel a se vzrůstem jejich životní úrovně porostou přirozeně i požadavky na energii.

Primární zdroje energie (PZE) se tradičně dělí na dvě skupiny: neobnovitelné, které jsou po určité době definitivně a neodvratně spotřebovány a obnovitelné, o kterých obecně platí, že budou trvale k dispozici (samozřejmě v průběhu určité vývojové fáze Země). Využívání těchto zdrojů umožňují technologie, které transformují určité zdroje energie na užitečnější formy energie. U některých energií můžeme hovořit o dlouhé historii, např. u využívání vodní síly, větru, spalování dřeva a na dlouhou minulost můžeme navázat i jejich dlouhou budoucností. Bohužel obdobně nemůžeme hovořit o zdrojích dnes nejčastěji používaných tj. fosilních palivech. Energii vytvořenou v přírodě za miliony let se snaží lidstvo zužitkovat během několika staletí. Bohužel výroba a spotřeba energie jsou velmi často spojeny s ekonomickými, sociálními a environmentálními problémy. Současný progresivní trend v energetické politice prosazuje vyrovnaný „energetický mix“, ve kterém každý druh zdrojů hraje svoji opodstatněnou roli, odvislou zejména od své pozice ve filosofii udržitelného rozvoje a nebo dnes také odvislou zejména od ekonomických ukazatelů. Odpověď na to, proč nejsou obnovitelné zdroje používány ve větším měřítku je jednoduchá. Je jednodušší použít energii ve formě fosilních paliv, které nám ze své minulosti poskytuje příroda. Lze říci, že z důvodu vysoké potřeby energie žijeme na úkor budoucích generací. Vysokou energetickou náročnost našeho hospodářství ukazuje následující graf.



Graf č.1 Energetická náročnost jednotlivých zemí [1]

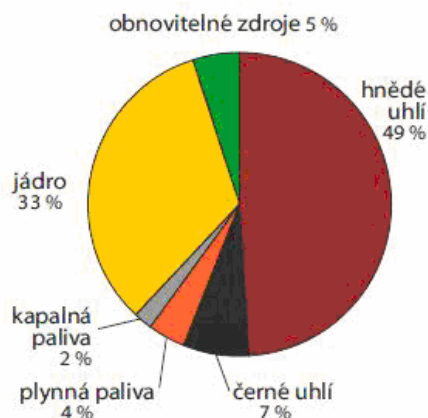
ÚVOD



Graf č.4 Podíl obnovitelných zdrojů energie v jednotlivých zemích [2]

Energetická politika Evropské unie postavila do popředí otázku snížení závislosti na dovozu energií a environmentální problematiku, z čehož vyplynul i požadavek na maximální možné využití obnovitelných zdrojů. Podpora obnovitelných zdrojů byla v posledních létech jedním z klíčových bodů energetické politiky Evropské unie. Souhlas s touto politikou potvrzuje také statistický průzkum, ve kterém 90 % občanů Evropské unie souhlasí se zvyšováním podílu obnovitelných zdrojů energie na bilanci spotřeby energie.

Česká republika má vzhledem ke svým geografickým a dalším podmínkám předurčeno, že bude postupně patřit k teritoriím s nejdražší energií. Jinak tomu není ani u obnovitelných zdrojů. Nemáme významný hydroenergetický potenciál, protože ležíme na rozhraní několika povodí na jakési střeše Evropy, sluneční svit u nás nedosahuje parametrů jižních zemí a větrné poměry u nás také nejsou nejlepší. Je skutečností, že naše hospodářství je energeticky velmi náročné. Dosud se u nás málo šetří energií a obnovitelné zdroje nejsou v ČR ještě stále využívány v dostatečné míře.



Graf č.3 Podíl zdrojů na hrubé výrobě elektřiny v ČR v roce 2005[3]

Z grafu (č.3) zjišťujeme, že naše požadavky z velké části uspokojuje uhlí. Jelikož cena elektřiny z obnovitelných zdrojů energie nemůže zatím konkurovat ceně elektřiny z tradičních zdrojů energie, zavedla Evropská unie a také jednotlivé vlády různé systémy a mechanismy podpor výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů. Možné způsoby přímých a nepřímých podpor

pro využívání elektřiny z obnovitelných zdrojů energie lze obecně rozdělit především z hlediska toho, zda snižují cenu elektřiny z pohledu investora, nebo zda zvyšují výkupní cenu elektřiny.

Mezi mechanismy ovlivňující minimální cenu elektřiny patří zejména:

- nevratné dotace investičních výdajů (různé státní fondy a podpůrné programy)
- daňová zvýhodnění (např. daň z příjmu, nižší sazba DPH, daň z pozemků a nemovitostí)
- pružné odepisování investic do obnovitelných zdrojů
- příznivé zdanění třetí strany financující obnovitelné zdroje
- poskytování zvýhodněných úvěrů prostřednictvím různých státních fondů a podpůrných programů
- financování výzkumu a vývoje zařízení, technologií a pilotních projektů (jde o nepřímou podporu snižující především riziko výrobců a zprostředkovaně i ceny dodávaných zařízení)

Mechanismy ovlivňující maximalizaci výkupní cenu elektřiny jsou zejména:

- stanovení povinnosti výkupu elektřiny z určitých zdrojů spolu s určením postupu pro stanovení minimální výkupní ceny, kdy postup umožňuje respektovat některé specifické vlastnosti vykupovaných zdrojů a z pohledu vykupujícího subjektu je cena vyšší, než za jakou by jinak mohl elektřinu na trhu opatřit
- nařízení pro některé účastníky trhu odebírat určité množství elektřiny z obnovitelných zdrojů
- informační kampaně propagující elektřinu z obnovitelných zdrojů spolu s možností odběratelů dobrovolně se rozhodnout pro spotřebu elektřiny z určitých zdrojů,
- daňová politika, která zvýhodní obnovitelné zdroje energie (OZE).

Podpora výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie byla v České republice stanovena poprvé pro rok 2002. Obnovitelné zdroje energie jsou v energetickém zákoně definovány jako zdroje, jejichž energetický potenciál se trvale a samovolně obnovuje přírodními procesy. V listopadu 2001 vydal Energetický regulační úřad (ERÚ) cenové rozhodnutí, které stanovovalo výkupní ceny pro základní kategorie obnovitelných zdrojů, malé vodní elektrárny, spalování biomasy, spalování bioplynu, větrné elektrárny, využití slunečního záření a využití geotermální energie. Toto členění začalo být nedostatečné a bylo nutné obnovitelné zdroje kategorizovat. Dnešní platné cenové rozhodnutí má již 42 kategorií a podkategorií.

Usnesením vlády ČR je uvedeno zvýšení podílu obnovitelných zdrojů na celkové spotřebě primárních energetických zdrojů na 6% do roku 2010 a 8% do roku 2020. Zvyšování podílu obnovitelných zdrojů má svoje možnosti a limity využití, které lze obecně rozdělit do tří skupin:

- *technické*: - existují konstrukční řešení, technologie a materiály pro realizaci zařízení a strojů na využití energie obnovitelných zdrojů. Jsou známa omezení fyzikálními zákony: například plošná hustota energie, intenzita slunečního záření, směr a síla větru, průtok a spád vodního toku, atd.
- *ekonomické*: - investiční a výrobní náklady na technologii využívající obnovitelného zdroje, výkupní ceny energií, roční doba využití, doba návratnosti investice atd.
- *veřejné, společenské, politické*: - zákony, předpisy, normy, daňová a dotační politika, veřejné mínění, volební programy politických stran a bohužel i nátlakové a militantní aktivity.

K podpoře zvýšení podílu OZE na celkové výrobě elektřiny může přispět každý z nás, jelikož má možnost si zařízení na výrobu „zelené energie“ jednoduše pořídit. Samozřejmě je předtím nutná jak technická tak ekonomická analýza daného zařízení či technologie. Toto téma je pak popsáno v jedné z kapitol této práce. [50]

SOLÁRNÍ ENERGIE



1. ÚVOD

Obr. Solární kolektory [4]

Fotovoltaika je technologie, která umožňuje výrobu elektrické energie přímo ze Slunečního záření. Množství dopadající sluneční energie na zemský povrch převyšuje 15 000 krát současnou celosvětovou spotřebu. Z tohoto hlediska lze fotovoltaiku chápat jako technologii s neomezeným růstovým potenciálem a časově neomezenou možností výroby elektrické energie. Nejedná se však pouze o zajímavou technologii, ale také o vyspělé (hi-tech) průmyslové odvětví, které ve světě zažívá neobvyklý rozvoj a pozitivně ovlivňuje nejen obchodní aktivity, ale např. také zaměstnanost nebo kvalifikaci vědeckých pracovníků. Tuto skutečnost pochopily již mnohé vyspělé země světa včetně zemí Evropské unie. Snaží se tak fotovoltaiku podporovat a v delším časovém horizontu jí přisuzují nezastupitelné místo v energetickém „mixu“. V tomto kontextu lze tedy fotovoltaiku po odstranění některých překážek, zejména ekonomických, vnímat jako jedno z dostupných řešení, jako univerzálně použitelný energetický zdroj, jako technologii, která jde ruku v ruce s trvale udržitelným rozvojem.

1.1 Historie

Pojem fotovoltaika pochází ze dvou slov, řeckého [phos] = světlo a ze jména italského fyzika Alessandra Volty. Objev fotovoltaického jevu se pak připisuje Alexandru Edmondovi Becquerelovi, který jej jako devatenáctiletý mladík odhalil při experimentech v roce 1839. V roce 1904 jej fyzikálně popsal Albert Einstein a v roce 1921 mu byla za „práce pro rozvoj teoretické fyziky, zejména objev zákona fotoelektrického efektu“ udělena Nobelova cena. Prvotní pokusy s fotočlánky spadají do sedmdesátých let 19. století, kdy byly poprvé zjištěny změny vodivosti selenu při jeho osvětlení a kolem r. 1883 byl sestaven první selenový fotočlánek s tenkou vrstvou zlata (Charles Fritts, účinnost pod 1 %). První patent na solární článek pak byl podán v roce 1946 Russellem Ohlem, který také stál na počátku rozvoje křemíkových solárních článků (1941). První skutečný fotovoltaický článek s 6 % účinností byl vyroben z krystalického křemíku v roce 1954 v Bellových laboratořích. Větší rozvoj fotovoltaiky nastává v šedesátých letech s nástupem kosmického výzkumu, sluneční články slouží jako zdroj energie pro družice. První družici využívající k získání energie sluneční paprsky byl ruský Sputnik 3, vypuštěný 15. května 1957. Dnes slouží solární články nejen pro napájení družic ale také jako zdroj energie mezinárodní vesmírné stanice ISS. Dalším důležitým mezníkem pro rozvoj fotovoltaiky a zejména výzkumu a vývoje v této oblasti byla celosvětová ropná krize v roce 1973. V současnosti je již využití fotovoltaiky různorodé, což je uvedeno v dalších odstavcích. [51]



Obr.č.1 Vesmírná stanice ISS[4]

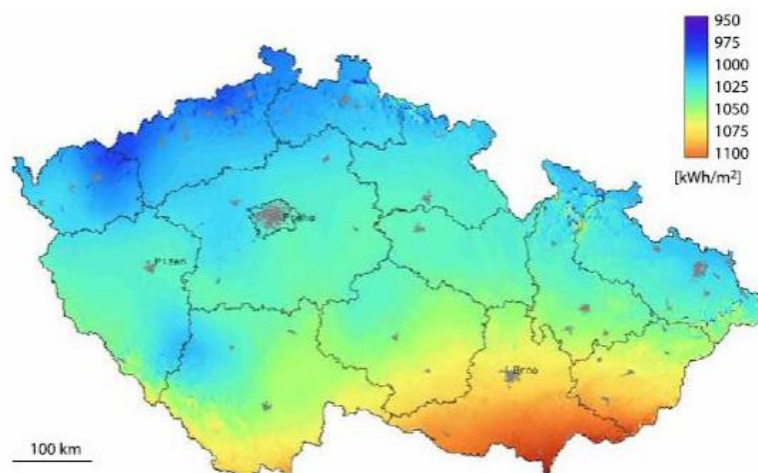
1.2 Situace v ČR

Nad hranicí zemské atmosféry dopadá na metr čtvereční plochy nastavené kolmo ke slunečním paprskům zářivý výkon přibližně 1,4kW - jde o tzv. solární konstantu. Při průchodu atmosférou je část záření odražena, část pohlcena a rozptýlena. Na povrch Země se dostává jednak záření přímé, rozptýlené a záření odražené od mraků. Na zemském povrchu výkon slunečního záření zpravidla nepřesahuje 1kW/m² při čisté obloze. Při zatažené obloze je k dispozici jen rozptýlené (difúzní) záření o znatelně menší intenzitě (přibližně 10× nižší). Důležitější je údaj, kolik energie dopadne za delší časový úsek (měsíc, rok) na určitou plochu. Celkové množství energie, které se dá získat za rok v určitém místě např. v České republice závisí především na zeměpisné šířce a na místním klimatu (počtu slunečných dnů v roce, oblačnosti, roční době), sklonu plochy na niž sluneční záření dopadá a další. Publikované informace uvádějí, že v České republice dopadne na 1m² vodorovné plochy zhruba 950 – 1340 kWh energie

Na celou Českou republiku ročně dopadá okolo 80 000 TWh energie ze Slunce, tedy zhruba 250x více, než činí roční spotřeba energie
roční množství slunečních hodin se pohybuje v průměrném rozmezí 1600 – 2100 hod.

Měsíc	Energie(kWh)
Leden	42
Únor	61
Březen	98
Duben	122
Květen	148
Červen	138
Červenec	157
Srpen	144
Září	108
Říjen	89
Listopad	39
Prosinec	31
Celkem	1177

Tab.č.1 Množství energie dopadající na 1m jižní střechy (úhel 40) za jednotlivé měsíce [5]



Obr.č.2 Celkové roční sluneční záření na území České republiky (kWh/m²) [6]

V průběhu poslední dekády 20. století bylo využívání fotovoltaických systémů v České Republice spíše sporadické. Praktické aplikace byly téměř výhradně zaměřeny na malé ostrovní systémy pro nezávislé napájení objektů a zařízení v lokalitách bez připojení k rozvodné síti. Jednalo se vesměs o soukromé rekreační chaty, ve kterých fotovoltaický systém poskytuje možnost napájet osvětlení a drobné elektrické spotřebiče. Situace se však za posledních několik let výrazně změnila. Po letech pomalého rozvoje fotovoltaiky v ČR zaznamenalo toto odvětví výrazný růst. Zatímco v předchozích letech se instalovaný výkon pohyboval v řádech několika stovek kWp, tak výroba elektřiny z roku 2006 do roku 2007 vzrostla o 300 % a činila 2,1 GWh. Na přelomu roku 2009/2010 překonal instalovaný výkon již hranici 4 MWp a další projekty v řádu desítek megawatt se v ČR chystají.

1.2.1 Hlavní důvody prudkého rozvoje:

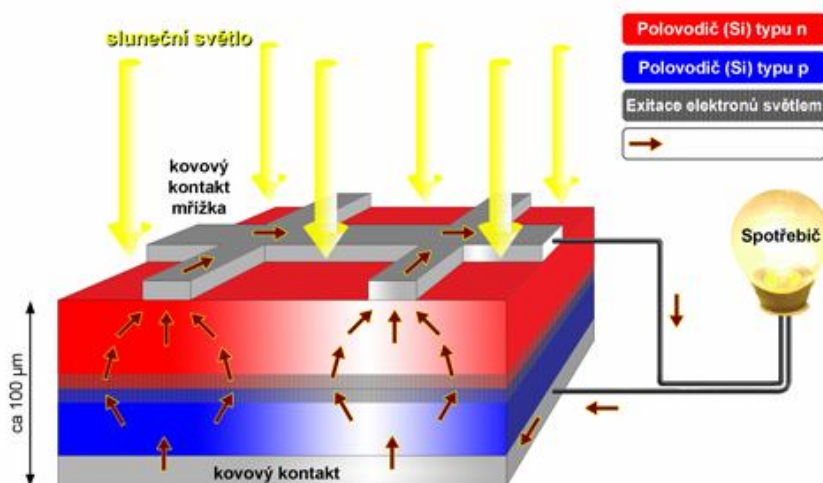
1. Srovnání legislativních podmínek v oblasti výkupních cen (feed-in tariff) s vyspělými zeměmi EU a prodloužení doby výkupu elektřiny z fotovoltaiky na 20 let.
2. Silná koruna. Posílení koruny tak znamená snížení měnných investičních nákladů.
3. Vstřícný přístup bank. Dnes jsou již banky o fotovoltaike poměrně dobře informovány a pokud má investor dobře připravený projekt, neměl by mít problém úvěr získat. Samozřejmě ale musí splnit celou řadu podmínek, mezi které patří např. určitá výše vlastního kapitálu. Úvěr lze dnes získat nejen na financování větších projektů, ale také na výstavbu malých systémů na rodinných domech.
4. Změna v uvažování distributorů. Zákon o OZE č. 180/05 Sb. definuje povinnost přednostního připojení k přenosové nebo distribuční soustavě. Vstřícný přístup distributorů.
5. Dotace. Dotace byly samozřejmě i jedním z hybných faktorů většího zájmu o fotovoltaiku. Dnes lze konstatovat, že za současných podmínek nejsou již pro větší systémy dotace potřeba a investor může dosáhnout v systému výkupních cen rozumného zhodnocení své investice. V případě FV systémů na rodinné domy a jejich relativně „vyšší ceně“ je však dotace i nadále žádoucí. V porovnání s ostatními obnovitelnými zdroji je výstavba FV elektrárny nepoměrně jednodušší záležitost. [50]

2. POPIS ZAŘÍZENÍ A TECHNOLOGIE

2.1 Solární článek

Základním prvkem umožňujícím přeměnu sluneční energie na energii tepelnou či elektrickou je solární článek. Solární článek je křemíková destička, zpravidla o velikosti 12x12 cm. Pro svou činnost využívá tzv. fotovoltaického jevu, při němž dopadem fotonů na polovodičový P-N přechod dochází k uvolňování a hromadění volných elektronů. Pokud je P-N přechod doplněn o dvě elektrody (anoda a katoda), můžeme již hovořit o fotovoltaickém článku, kterým může protékat elektrický proud. Křemík je nejpoužívanějším materiálem pro výrobu solárních článků, je to pevná krystalická látka se strukturou podobnou struktuře diamantu, na rozdíl od něj však křemík absorbuje část slunečního záření a má vlastnosti polovodiče, tj. osvětlením dochází k prudkému zvýšení jeho vodivosti. Rozlišují se monokrystalické články, které se skládají z jednoho krystalu křemíku o velikosti víc jak 10 cm a vyrábí se pomalým tažením roztaveného křemíku, a články polykrystalické, které se skládají z většího množství krystalů o velikosti 1 – 100 mm různě orientovaných.

Princip činnosti fotovoltaického článku



Obr.3 Princip fotovoltaického článku [7]

Články se propojují většinou serio-paralelně za účelem dosažení potřebného napětí a výkonu. Významnou vlastností solárních článků je snadnost jejich vzájemného propojení za účelem sestavení větších celků. Tyto celky se nazývají solární moduly nebo také fotovoltaické moduly a představují základní stavební jednotky fotovoltaických systémů. V jednom solárním panelu je běžně 36 článků o výstupním napětí 12 V nebo 72 článků o napětí 24 V. Solární panely mají různé výkony. Výkonovou jednotkou panelů je Wattpeak (Wp) neboli tzv. špičkový výkon, což je výkon naměřený za daných podmínek (ozáření 1000W/m^2 , teplota 25°C). Panely lze pak dle potřeby následně propojovat do tzv. solárních generátorů. Získáváme tak velké solární plochy, které jsou schopny vyrábět již značné množství elektrické energie využitelné v praktických aplikacích. Montáž je možná na rovné i sedlové střechy, na volné pozemky, systémy mohou být stacionární i se sledovači slunce, tzv. trackery.

2.2 Rozdělení solárních kolektorů (podle použití v daném solárním systému)

- termické kolektory
- fotovoltaické kolektory



Obr.4 Fotovoltaické kolektory [8]

Termické solární kolektory (panely)

Termické kolektory a panely slouží k výrobě tepelné energie. Běžně se používají k ohřevu vody v bazénech, k přípravě teplé užitkové vody (TUV) a k vytápění. Další možná využití jsou k výrobě páry či procesního tepla. V podmínkách České republiky se pro ohřev vody používají především dvouokruhové solární systémy s nuceným oběhem, kdy je cirkulace vody zajištěna pomocí čerpadla.

Základním prvkem každého termického kolektoru je absorbér – deska resp. trubice, která se nachází uvnitř kolektoru. Právě na povrchu absorberu se sluneční záření přeměňuje na tepelnou energii. V závislosti na plánovaném využití je třeba zvážit z jakého materiálu bude povrch absorberu vyroben (černá barva, speciální selektivní vrstva aj.) Zatímco bazénové a kapalinové kolektory bývají obvykle deskovitého tvaru, vakuové kolektory mají vzhledem ke svým konstrukčním požadavkům tvar trubicový (vakuový kolektor je namáhán značným rozdílem tlaků).

Dle možnosti využití a konstrukce dělíme termické sluneční kolektory na:

- bazénové sluneční kolektory
- ploché sluneční kolektory
- vakuové sluneční kolektory

Fotovoltaické solární kolektory (panely)

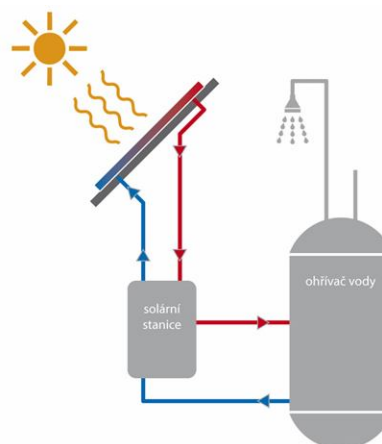
Fotovoltaické solární kolektory (panely) slouží, jak již bylo řečeno, k výrobě elektřiny. Jejich schopnost přeměňovat sluneční záření na elektrickou energii je založena na tzv. fotovoltaickém jevu. Základním prvkem každého panelu jsou pak solární (nebo také fotovoltaické) články. Jedná se o plochou polovodičovou součástku, na které při dopadu slunečního záření dochází k uvolňování elektronů, což produkuje napětí 0,6 - 0,7 V. V polovodiči tedy vznikají volné elektrické náboje, které jsou již jako elektrická energie odváděny ze solárního článku přes regulátor do akumulátoru, ke spotřebiči nebo do rozvodné sítě. Nejvíce rozšířeny jsou dnes fotovoltaické solární články na bázi křemíku, neboť křemík je nejen hojně zastoupen v zemské kůře (je druhým nejrozšířenějším prvkem vůbec), ale je i nejlépe prozkoumaným polovodičem. Fotovoltaický sluneční panel je tedy tvořen množstvím článků, které jsou na sebe napojeny letovanými spoji. Články navíc tvoří z vrchu krycí plocha, ze spodní pak pevná deska. Materiál, ze kterého je vyrobena horní krycí plocha, samozřejmě významně ovlivňuje ztráty, především odrazem. Proto je důležité, aby použitý materiál dosahoval vysoké účinnosti pohlcení slunečního svitu a zároveň poskytoval ochranu před nepříznivými přírodními jevy.

2.3 Solární systémy

Ať už mají solární kolektory plnit naše nároky na ohřev teplé vody, vytápění nebo výrobu elektrické energie, je vždy nutné je napojit na další technická zařízení. Vzniklý komplex těchto zařízení se pak nazývá solárním systémem.

Dle funkce rozlišujeme následující solární systémy:

- Termický solární systém
- Fotovoltaický solární systém



Obr.č.6 Schéma termického systému na ohřev vody [9]

2.3.1 Termický solární systém

Termický solární systém na ohřev vody

Celý proces ohřevu funguje následovně: Sluneční paprsky dopadají na kolektor, kde předávají svou energii teplotnosné kapalině. Tato kapalina poté putuje potrubím do zásobníku (boileru), kde ohřívá vodu. Chceme-li účinně zabránit ztrátám, je velmi důležité, aby potrubí a zásobník byly dobře tepelně izolovány. Z důvodu zajištění dostatečného množství teplé vody i v období nepříznivé počasí, se obvykle do zásobníku instaluje přídatné topné těleso (např. elektrické). Teplotnosná kapalina, která předala své teplo vodě, je za pomoci čerpadla hnána zpět do kolektoru.

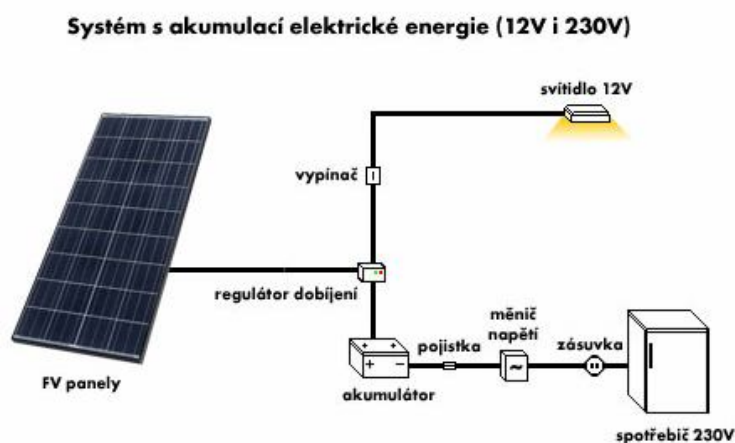
Termický solární systém pro vytápění

Solární systém pro vytápění je obdobný jako ten pro ohřev vody s tím rozdílem, že je v něm nutné v co maximální možné míře zamezit ztrátám. Instalaci solárního systému pro vytápění by tedy měla předcházet důsledná tepelná izolace budovy (roční spotřeba energie na vytápění by neměla překročit hodnotu 50 kWh/m²). Vhodné je pak vytápění podlahou, ale i stěnami a stropem. Kromě zásobníku teplé užitkové vody je instalován ještě jeden tepelný zásobník (bývá vždy o něco větší) a náhradní zdroj tepla stálého výkonu.

Vzhledem k vyšším nárokům na účinnost jsou pro tyto systémy používány výhradně kolektory se selektivní absorpční vrstvou (odkaz na ploché solární kolektory resp. termické solární kolektory). Velmi důležitou roli pak hraje umístění a sklon kolektorů. Jejich orientace by měla být co nejvíce na jih, přičemž odklon od horizontální roviny by měl činit alespoň 40°.

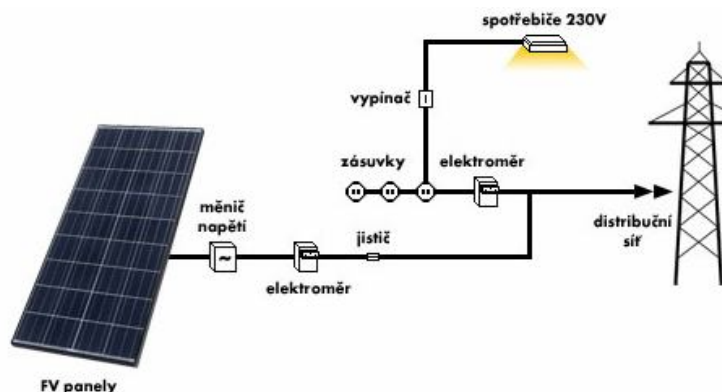
2.3.2 Fotovoltaický solární systém

Ostrovní solární systémy (grid off systémy) – jedná se o fotovoltaické sluneční systémy, které nejsou napojeny na rozvodnou síť. Tento systém je výhodný v oblastech, kde připojení k rozvodné síti není možné, nebo kde by zavedení kabelu bylo finančně náročné (chatové oblasti, obytné automobily, lodě). Nevýhodou ostrovních fotovoltaických systémů je nutnost zapojení baterie, která uchovává vyrobenou energii na dobu, kdy není dostatečné množství slunečního záření. Vzhledem k tomu, že většina baterií dnes obsahuje nezanedbatelné množství olova, ekologičnost získané energie se tím pádem snižuje. Při konstrukci ostrovního fotovoltaického slunečního systému je třeba mít na paměti nejen průměrné hodnoty slunečního svitu a účinnost fotovoltaického systému, ale především pak celkovou spotřebou všech používaných zařízení, které budou k systému připojeny. Jejich použitelnost je totiž množstvím vyprodukované energie přímo limitována.



Obr.7 Ostrovní solární systém [10]

Solární systémy zapojené do sítě (grid-on systémy) – jedná se o fotovoltaické sluneční systémy, jejichž vyprodukovaná energie je dodávána do rozvodné sítě. Oproti ostrovním mají sluneční systémy zapojené do veřejné sítě tu výhodu, že v době, kdy vyrábí fotovoltaický systém přebytek energie, může ji dodávat do sítě. Naopak v době nedostatku vlastního výkonu lze energii odebírat z rozvodné sítě. Dodávka vyrobené energie do rozvodné sítě je pro své majitele finančně výhodná (státní dotace). Dle většiny výpočtů se jedná o investici s návratností okolo 15 let. Samozřejmě tato doba nelze určit přesně, avšak s ohledem k růstu cen energie lze předpokládat, že by se návratnost investice mohla ještě snížit. Při dodávání do rozvodné sítě se stejnosměrné napětí, které produkují fotovoltaické panely a kolektory, musí přeměnit na napětí střídavé. Pro tyto účely je nutné zapojit do systému měnič napětí.



Obr.č.8 je schématicky znázorněn fotovoltaický systém na výrobu el. energie dodávané do sítě [11]

Fotovoltaický systém připojený na síť se skládá z následujících komponentů:

Solární generátor (FV panely):

Solární generátor požadovaného výkonu je tvořen propojením určitého počtu FV panelů. Panely jsou vybavené přípojovacími kabely s MC-T4 spojkami pro rychlé vytvoření elektrických obvodů generátoru. Pro bezpečné připojení k střešní konstrukci nebo pro montáž na speciální konstrukci je rám modulu tvořený hliníkovým profilem. FV panely splňují normu ČSN EN 61 215, IEC 61215, odolávají veškerým povětrnostním vlivům a jsou odolné vůči kroupám do průměru 25 mm při rychlosti do 160 km/h. FV panely jsou bezúdržbové.

Spojovací kabely pro jednosměrný

Pro rychlou a bezpečnou montáž jsou moduly vybavené spojovacími kabely se zástrčkovým systémem. Napojení solárního generátoru na střídač napětí zabezpečují dva jednožilové kabely s MC-T4 spojovací zástrčkou a zásuvkou.

Napěťový střídač - inverter:

FV panely generují stejnosměrný proud a vytváří napětí 12V nebo 24V. Tento je převáděn ve střídači na střídavý proud, který splňuje parametry elektrické sítě (napětí 230V, frekvence 50Hz). Střídač zároveň monitoruje a reguluje napájení sítě a v případě jakékoliv poruchy v přenosové soustavě automaticky odpojí solární generátor od sítě. Střídač může být vybavený displejem, který ukazuje aktuální údaje o činnosti systému, okamžitý výkon, napětí, energii vyprodukovanou systémem ve sledovaný den, celkovou vyprodukovanou energii, dobu práce systému, případně poruchu a příčinu poruchy.

Technické řešení nosné konstrukce:

Pro uchycení panelů na šikmou střechu je nutné do střešní krytiny integrovat střešní drážky, na které přijde uchytit vlastní nosná hliníková konstrukce s drážky panelů. [50]

3. TECHNICKO-EKONOMICKÁ ANALÝZA

3.1 Technické předpoklady

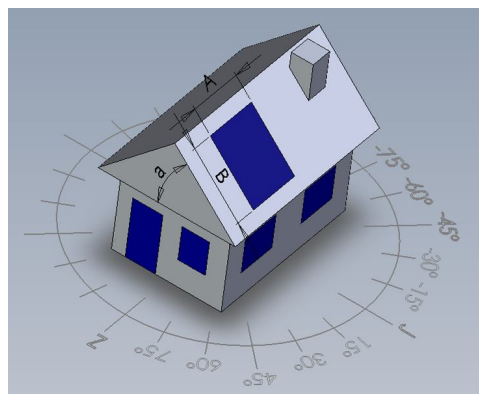
Využití solární energie zažívá v ČR obrovský rozmach. Potenciál této energie využívají nejen specializované firmy, které staví celé solární parky ale i domácnosti. I obyčejní spotřebitelé zjistili, že se na solární energii dá ušetřit či vydělat. A proto nejsou solární kolektory na střeše rodinných domů již nic neobvyklého. Je třeba se však rozhodnout jakým způsobem solární energii jako majitel RD využiji :

- topení, ohřev vody pro domácnost, ohřev vody v bazénu
- výroba elektřiny

Při rozhodnutí instalace fotovoltaické elektrárny je nejdůležitějším technickým předpokladem správné umístění fotovoltaických panelů. Rozhodujícím faktorem je pak sklon, orientace panelů vůči jihu a lokalita kde jsou panely umístěny.

Sklon a orientace fotovoltaických panelů

Právě sklon a orientace fotovoltaických panelů ovlivňují výkon fotovoltaické elektrárny. Sklon solárních panelů je úhel mezi solárním panelem a vodorovnou základnou. V praxi je možno se od ideálního sklonu odchýlit o $\pm 30^\circ$ avšak za cenu snížení výkonu fotovoltaické elektrárny. Orientací solárních panelů je myšlena odchylka od ideálního směru na jih. V našich podmínkách je ideální orientace 1° na jihozápad. V praxi je možno se od ideální orientace vůči jihu odchýlit o $\pm 45^\circ$ ale opět za cenu snížení výkonu fotovoltaické elektrárny.



Obr.č.9 Sklon a orientace FV panelů [12]

Kapacita

Jinými slovy: jak velkou plochu na umístění solárních panelů zvolíme. Obecně platí, že 1 kWp (maximální výkon elektrárny) zabere asi 8–10 m² a je schopen vyprodukovat přibližně 1 000 kWh/rok. Zkratku **Wp** (watt peak) můžeme volně přeložit jako maximální výkon – v tomto případě tedy maximální výkon, kterého je schopen konkrétní solární systém dosáhnout. Výkon solárních elektráren je běžně udáván v kWp (platí, že 1 kWp = 1 000 Wp).

Lokalita

Lokalitou je myšlena geografická oblast, ve které se dům nachází, jelikož na této oblasti závisí množství elektrické energie, kterou je budoucí fotovoltaická elektrárna schopna vyprodukovat. Právě roční výroba elektrické energie je důležitým faktorem pro ekonomickou studii fotovoltaické elektrárny v daném místě. Pro hrubou orientaci se lze obrátit na obecnou mapu. (Obr.č.2)

Pro přesnější odhad může zájemce použít systém PVGIS, kde na základě GPS údajů lze s velkou přesností odhadnout roční výrobu elektrické energie.
(<http://sunbird.jrc.it/pvgis/apps/pvest.php?lang=sk&map=europe>)

Množství energie

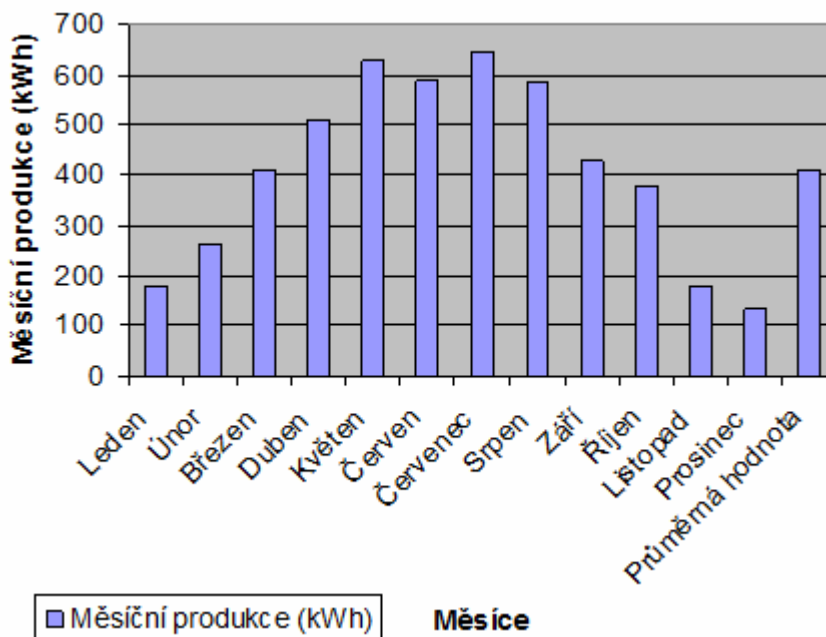
Než se člověk pustí do pořízení systému fotovoltaické elektrárny je dobré dopředu spočítat, kolik energie vyrobí jeho budoucí fotovoltaická elektrárna. To je možné pomocí již zmíněného systému PVGIS, který umožňuje přesný a ověřený odhad na základě vložených parametrů (GPS souřadnice, výkon, ...). Přesnost je zaručena statistickým sběrem dat, který probíhal v letech 1985-1995 v celé Evropě. Evropa tak byla rozdělena na plochy o velikosti 1 x 1 km, ve kterých byly pravidelně odečítány hodnoty intenzity slunečního záření, teploty.

Na uvedené webové stránce zadám tyto údaje:

1. PV technologie (materiál z něhož jsou panely vyrobeny) : vyberu krystalický křemík
2. Špičkový instalovaný FV výkon (kWh): Zde zvolím vybraný instalovaný výkon (podle možností, volím 5,5 kWp).
3. GPS souřadnice místa, kde se RD nachází : 49°50'4.726"N, 18°16'55.357"E (Ostrava)

Zobrazení výsledných údajů

Systém nám vypočítá některé potřebné informace pro námi zadaný solární systém v dané lokalitě. Pro zvolený RD vyšel optimální náklon solárních panelů 35°. Dále můžeme uvést odhadované ztráty solárního systému, které vychází 19,5% (ztráty způsobené vlivem teploty 6,6%, ztráty způsobené odrazem 2,9%, ostatní ztráty 10%) . Nejdůležitějším parametrem pro ekonomickou studii je celková roční výroba (kWh/rok), která vyšla 4 933 kWh.



Tab.č.2 grafická ukázka (odhadovaného) vyrobeného množství elektrické energie (v jednotlivých měsících) z fotovoltaického systému s vlastnostmi, které byly zadány. [14]

MĚSÍC	MĚSÍČNÍ PRODUKCE (kWh)	DENNÍ PRODUKCE (kWh)
Leden	181	5,8
Únor	265	9,5
Březen	410	13,2
Duben	509	17,0
Květen	627	20,2
Červen	587	19,6
Červenec	647	20,9
Srpen	585	18,9
Září	431	14,4
Říjen	380	12,2
Listopad	179	6,0
Prosinec	133	4,3
Průměrná hodnota	411	13,5
Celková roční produkce	4 933	

Tab.č.3 číselně zobrazuje (odhadované) množství vyrobené elektrické energie(v jednotlivých měsících, průměrnou denní a celkovou roční hodnotu) z fotovoltaického systému s vlastnostmi, které byly zadány. [15]

3.2 Ekonomická studie



Obr. Prodej elektřiny [16]

Po zjištění technických údajů je třeba udělat ekonomickou studii, spočítat na kolik by nás takový fotovoltaický systém přišel, za jak dlouho by se nám investice vrátila a popř. kolik se dá vydělat. Mezi hlavní parametry patří zejména roční výroba elektrické energie, systém výkupu, zelený bonus, výkupní cena.

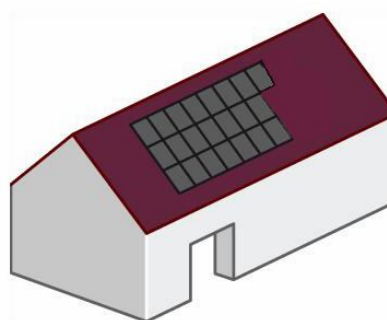
Elektřinu vyrobenou fotovoltaickým solárním systémem můžeme :

- spotřebovávat a inkasovat tak zelený bonus
- dodávat do distribuční sítě (naš příklad), v tom případě inkasujeme výkupní cenu

Jako příklad jsem zvolil solární elektrárnu, která elektrickou energii dodává do distribuční sítě. Bude nás tedy zajímat jaké jsou výkupní ceny této energie. Pro rok 2009 stanovil ERU pro fotovoltaické solární systémy uvedené do provozu po 1. lednu 2009 výkupní cenu 12,89 Kč/kWh. Pro rok 2010 jsou nové ceny od ERU stanoveny pro fotovoltaické solární systémy uvedené do provozu po 1. lednu 2010 ve výši 12,25 Kč/kWh. Oproti roku 2009 se ceny snížily o 5%. ERU každoročně vydává nové cenové rozhodnutí pro nové i pro stávající výrobce zelené energie, kdy sleduje trend sblížování výkupních cen energií z konvenčních zdrojů a zelené energie, zohledňuje jak snižování investičních nákladů pro budování obnovitelných systémů tak nárůst tržní ceny elektrické energie. [50]

Náklady na instalaci fotovoltaické elektrárny se liší v závislosti na instalovaném výkonu zařízení. Vše se odvíjí od finanční náročnosti projektu a velikosti střechy rodinného domu, na němž je elektrárna umístěna. K pořízení sluneční elektrárny je nejlepší kontaktovat jednu z mnoha firem, které v tomto oboru pracují. Pro zvolený RD byla z mnoha nabízených stavebnic vybrána stavebnice fotovoltaické elektrárny FVE 4,95 kWp jejíž parametry a obsah je uveden zde :

- panely o výkonu 4950 Wp
- plocha panelů 39 m²
- předpokládaný roční energetický zisk 4950 kWh
- počet panelů 22 ks (SOLARWATT M220 60 GET AK - 225 Wp)
- střídač
- rozvaděč
- stejnosměrná kabeláž
- kabeláž pro připojení k 3fáz. rozvodu el. energie
- kompletní přípravu konstrukce
- namontování celého systému
- zprovoznění dodávky
- revizi el. zařízení
- pomoc při vyplnění potřebných dokumentů



Cena 623.950,00 Kč (bez DPH)

Kalkulace: Solární fotovoltaická elektárna 4 950 kWh (cca 40 m²)

POPIS	HODNOTA	Vysvětlivka
Cena elektrárny (bez DPH)	623 950	Pořizovací cena solární elektrárny
Výkon (kWp)	4,95	Instalovaný výkon
Výroba (kWh/rok)	4 950	4,95 . 1000
Roční zisk (kč)	60 637	4 950 . 12,25 (výkupní cena, Kč)
Návratnost (v letech)	10	623 950 / 60 637
Zisk za 20 let (kč)	588 790	(20 . 60 637) – 623 950

Tab.č.4 Výsledná kalkulační [16]

Výše uvedená orientační tabulka ukazuje návratnost investice do solární elektrárny o instalovaném výkonu 4,95 kWp, která zabere cca 40m² plochy. Ta vyrobí asi 4 950 kWh elektřiny ročně. Pořizovací náklady jsou kolem 623 950 Kč. Ročně lze na této elektrárně utržit 60 637 Kč. Počáteční investice se vrátí po deseti letech. Možný zisk po 20 letech provozu je 588 790 Kč.

Z výsledné tabulky je jasné patrné, že vložené peníze se člověku vrátí a ještě vydělá nemalou finanční sumu. Pokud člověk nemá finance na počáteční investici do solární elektrárny, může svoji střechu pronajmout investorovi. Ten na své náklady panely instaluje a bude za jejich umístění platit nájem.

VĚTRNÁ ENERGIE



1. ÚVOD

Obr. Větrné elektrárny [17]

Větrné elektrárny (VTE) jsou nepřehlédnutelným fenoménem současné energetiky. A to nejen v Evropě, ale v celém světě. V roce 2008 byly právě větrné elektrárny nejvíce budovaným zdrojem elektrické energie v Evropě, předčily tak elektrárny plynové, uhelné i všechny ostatní. Jako první z obnovitelných zdrojů energie se dostaly ze stádia experimentální „alternativní“ technologie do fáze vyspělé průmyslové produkce, umožňující výrobu elektrické energie za téměř konkurenceschopné ceny. Větrné elektrárny se díky tomu trochu nečekaně dostávají do pozice jednoho z „velkých“ oborů světové energetiky. V roce 2008 energie z větru pokrývala 4,2 % spotřeby elektřiny celé Evropské Unie a větrné elektrárny tvořily celých 43 % (8,5 GW) všech nově vybudovaných energetických kapacit EU. Navíc v posledních letech tento rozvoj již nezůstává omezen na tradiční oblast Evropy. Kapacita větrných elektráren se prudce zvyšuje ve všech průmyslově rozvinutých zemích i v některých zemích rozvojového světa (zejména v Indii a v Číně). Vedle geografického rozšíření provází rozmach i angažovanost dalších společností původně stojících mimo obor. Do větrných elektráren začaly masivně investovat velké energetické společnosti, silně jsou zapojeny bankovní instituce a další. Vstup těchto velkých hráčů na „větrný“ trh přinesl nezbytné prostředky a významně přispěl k růstu odvětví. V mnoha zemích se na rozvoji výrazně podílejí různé druhy státních podpor obnovitelných zdrojů. Větrné elektrárny se staly významnou součástí světové energetiky. [51]

1.1 Historie

Větrnou energii používá lidstvo od dávnověku. Vítr poháněl plachetnice, větrné mlýny, vodní čerpadla. S větrnými motory se setkáváme už ve starověké Číně. K rozvoji větrných elektráren v evropském i světovém měřítku dochází od konce 20. Století. Využívání větrných elektráren k výrobě elektrické energie dodávané do rozvodných sítí je ve světě a zvláště na území ČR velmi mladou technickou oblastí. Intenzivní zájem o využití větrné energie se projevil na začátku 70. let minulého století. K průkopníkům konstrukce větrných elektráren v rámci Evropy patřily Dánsko, tehdejší západní Německo a ve světě pak USA. Program rozvoje větrné energetiky přijaly země

Evropských společenství v roce 1980. Začaly stanovením technických a hospodářských možností v jednotlivých členských zemích a zpracováním jejich větrných energetických atlasů. Od roku 1993 zaznamenává větrná energetika ve světě prudký růst. Majoritní podíl na evropském výkonu větrných elektráren drží instalovaným výkonem 22 250 MW Německo. Instalovaný výkon větrných elektráren po celém světě vzrostl v roce 2008 podle údajů Světové rady pro větrnou energii (GWEC) o 27 procent na více než 94 gigawattů.

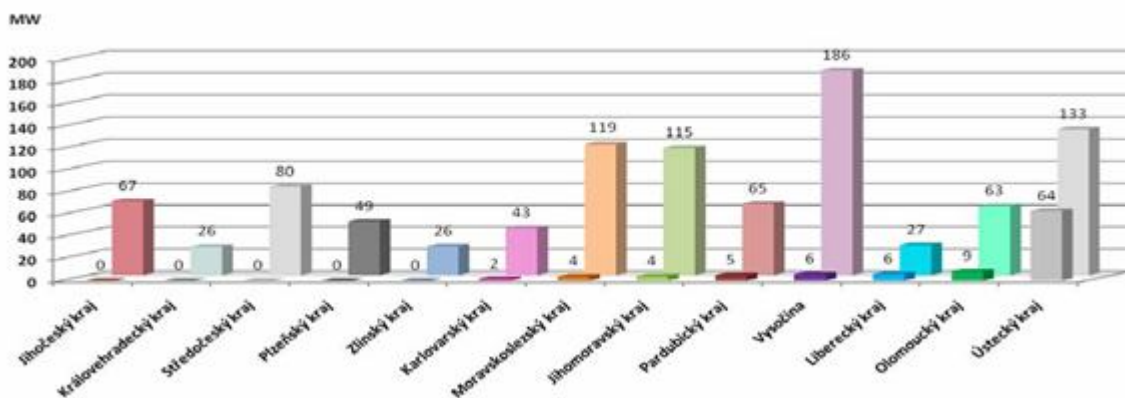


Obr. č. 11 Větrný mlýn [17]

1.2 Situace v ČR

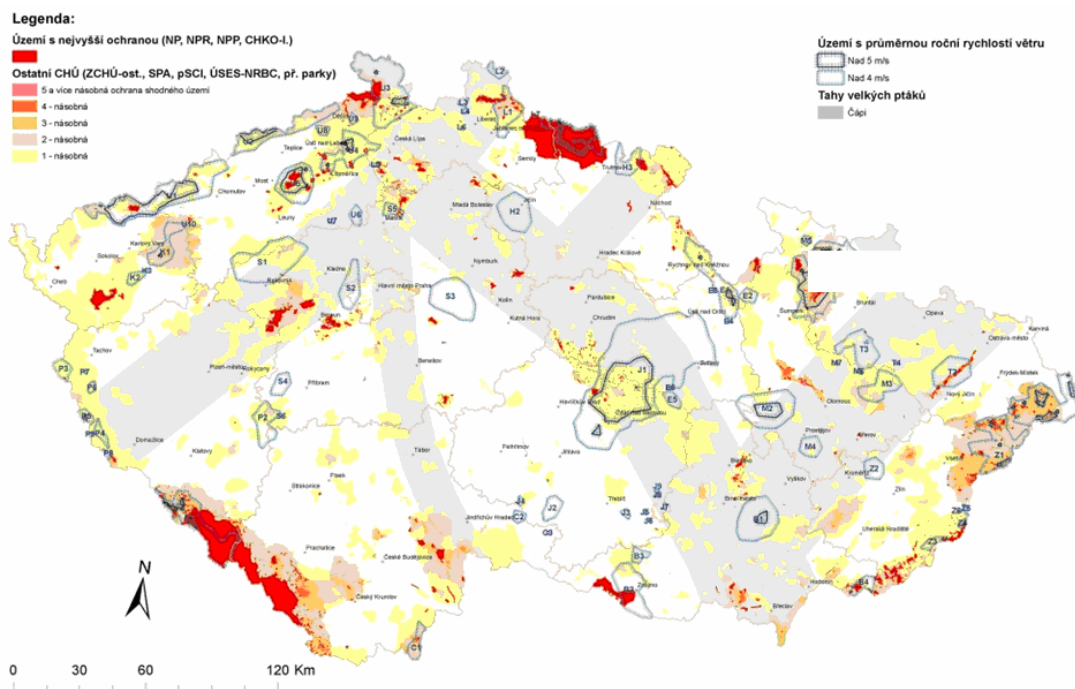
Ve větrných mlýnech se větrná energie využívala v minulosti i na území našeho dnešního státu. Historicky je postavení prvního větrného mlýna na území Čech, Moravy a Slezska doloženo již v roce 1277 v zahradě Strahovského kláštera v Praze. Největší rozkvět doznalo větrné mlynářství v Čechách ve 40. letech 19. století, na Moravě a ve Slezsku o něco později. Celkem bylo na území dnešní ČR evidováno a je historicky ověřeno 879 větrných mlýnů. Začátek výroby novodobých větrných elektráren v ČR se datuje na konec 80. let minulého století. Jejich rozkvět proběhl v letech 1990–1995, poté však došlo ke stagnaci (třetina ze všech 24 větrných elektráren postavených do roku 1995 patřila do skupiny s nevyhovující nebo vysoce poruchovou technologií, některá z těchto zařízení byla vybudována v lokalitách s nedostatečnou zásobou větrné energie). Začátkem tohoto desetiletí byla tendence k dovozu starých vyřazených VTE, změna zákona pak tento trend ukončil.

V současné době jsou instalovány nové větrné elektrárny. Nominální výkon moderních větrných jednotek u nás dosahuje aktuálně běžně 2-3 MW. V České republice jsou možnosti využití energie větru, vzhledem k přírodním podmínkám (vnitrozemské klima s nepravidelným prouděním vzduchu), dosti omezené. Vhodné lokality pro využití větrné energie jsou většinou ve vyšších nadmořských výškách, kde vítr dosahuje vyšších rychlostí (nad 5 m/s). Náš handicap se dá však vyrovnat technickou vyspělostí dnešních větrných elektráren. Například moderní stoje, které dnes využíváme, dosahují vynikajících výsledků v oblasti zvyšování využitelnosti větru. Česká republika se řadí mezi evropské země s nejlepší využitelností větrných elektráren, průměrná využitelnost u všech VTE v ČR je 26 % a s perspektivou až 30% v nejbližší budoucnosti. Předstihli jsme tak i tradičního světového lídra v této oblasti Německo, jehož větrné elektrárny dosahují přibližně 20 %. Důvodem je to, že výstavba VTE v Německu probíhá už dvě desítky let a jejich průměrný věk je tam proto podstatně vyšší a průměrný výkon nižší.



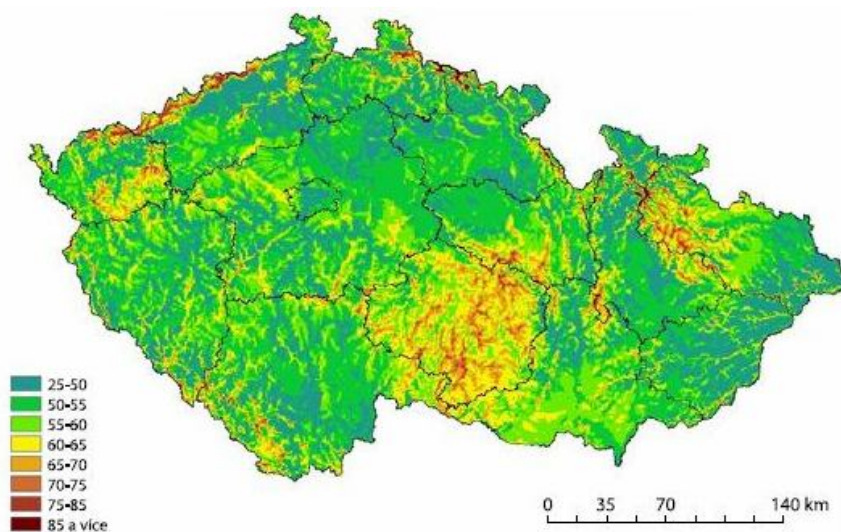
Graf.č.4 Rozmístění výkonu VTE (2007) [18]

Graf výše znázorňuje v první řadě rozmístění výkonu VTE v jednotlivých krajích, druhá řada ukazuje rozdělení očekávaného výkonu 1000 MW v roce 2012 v jednotlivých krajích. Pro výstavbu větrných elektráren se počítá s plochami v nadmořských výškách zpravidla nad 600 m. Technologický rozvoj však již umožňuje vyrábět elektřinu z větru efektivně i v mimohorských oblastech a v nížinách. Až na výjimky se nicméně vhodné lokality nacházejí v horských pohraničních pásmech Krušných hor a Jeseníků, popř. v oblasti Českomoravské vrchoviny. Místa, kde jsou příznivé větrné podmínky, leží převážně v oblastech, které patří mezi zákonem chráněné oblasti. Odhaduje se, že z tohoto důvodu odpadá 60–70 % vhodných ploch pro výstavbu větrných elektráren. V současné době výška stožárů otevírá možnost využít i zalesněných ploch.



Obr.č.12 Mapa území vhodných pro umístění větrných elektráren,území s ochranou přírody [19]

Klíčovou podmínkou pro fungování větrné energetiky je dostatečný větrný potenciál. Ve výšce 100 m nad terénem by měla být roční průměrná rychlost větru alespoň 6 m/s. V České republice platí obdobně jako v ostatních státech EU četná legislativní omezení a technické podmínky pro stavbu větrných elektráren. Na základě dosavadního rozvoje větrné energetiky na území ČR a s využitím údajů a trendu rozvoje v sousedních zemích se předpokládá, že v následujících letech již budou nasazovány jen stroje s výkonem 2, 3, 6 MW. Prakticky by už nebyly provozovány dosavadní instalace 600 kW a méně. V období 2020–2030 se předpokládá další nasazování turbín o velikosti cca 6 MW a více. V letech 2030–2050 se již nepředpokládá vznik nových pozic pro větrné elektrárny, ale nárůst výroby má představovat výměna 2 a 3 MW za větší jednotky. [51]



Obr.č.13 Výsledné pole průměrné rychlosti větru v m/s ve výšce 100 m [20]

2. POPIS ZAŘÍZENÍ A TECHNOLOGIE

Vítr vzniká v atmosféře na základě rozdílu atmosférických tlaků jako důsledku nerovnoměrného ohřívání zemského povrchu. Teplý vzduch stoupá vzhůru, na jeho místo se tlačí vzduch studený. Zemská rotace způsobuje stáčení větrných proudů, jejich další ovlivnění způsobují morfologie krajiny, rostlinný pokryv, vodní plochy. Působením aerodynamických sil na listy rotoru převádí větrná turbína umístěná na stožáru energii větru na rotační energii mechanickou.

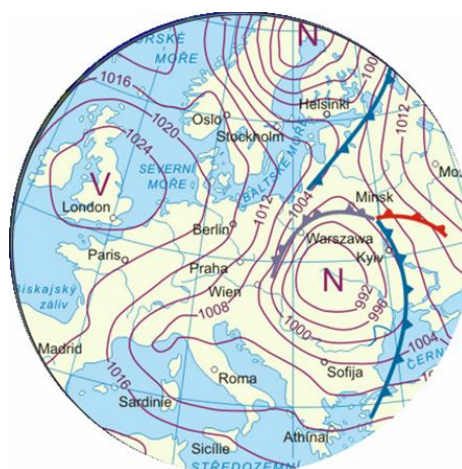
Ta je poté prostřednictvím generátoru zdrojem elektrické energie. Podél rotorových listů vznikají aerodynamické síly; listy proto musejí mít speciálně tvarovaný profil, velmi podobný profilu křídel letadla. Se vzrůstající rychlostí vzdušného proudu rostou vztahové síly s druhou mocninou rychlosti větru a energie vyprodukovaná generátorem s třetí mocninou. Je proto třeba zajistit efektivní a rychle pracující regulaci výkonu rotoru tak, aby se zabránilo mechanickému a elektrickému přetížení větrné elektrárny. Se vzrůstající rychlostí vzdušného proudu rostou vztahové síly s druhou mocninou rychlosti větru a energie vyprodukovaná generátorem s třetí mocninou. Odhad produkovaného výkonu jde tedy stanovit pomocí rovnice:

$$P = 0.2 \cdot v^3 \cdot D^2 \text{ [W]}$$

P - výkon zařízení

v - rychlost větru

D - průměr vrtule



Obr.č.14 Vznik větru [21]

2.1 Druhy a rozdělení větrných elektráren

Mikroelektrárny

Tyto typy větrných elektráren jsou pro osobní použití nebo malé firmy velmi vhodné. Jsou takovou alternativou k slunečním článkům v místech, kde je dost větrno a naopak méně svítí slunce. Mikroelektrárny s malými výkony (cca 100 W) tak mohou například napájet osvětlení reklamních panelů podél dálnic, aktivní inteligentní dopravní značky, měřiče teploty a hodiny apod. Jejich skládací verze mohou sloužit v přírodě jako mobilní nabíječe akumulátoru, napájení světlení, vařiče, malého topení, vysílačky, počítače nebo televizoru. Mikroelektrárny, které dosahují výkonů až několik jednotek kW, již mají pevnou instalaci a mohou v klidu napájet chaty. Jediným protiargumentem je stále vysoká cena, která se však s rostoucí životností moderních větrných elektráren vrátí. Samozřejmostí je, že se elektrická energie větrné elektrárny akumuluje do akumulátorů, které pokrývají spotřebu při špičkových zatíženích, nebo když vítr nefouká.



Obr.č.15 Mikroelektrárna [22]

Malé elektrárny

Malé větrné elektrárny již poskytují výkony i mnoho jednotek kW, což již na spotřebu velké chaty nebo běžného rodinného, dobře zatepleného domku stačí. Například výkon od 1 kW již plně postačuje na čerpání vody ze studně a její rozvod do kohoutků v objektu. Tyto elektrárny často vyrábí elektřinu pomocí synchronních generátorů buzených permanentními magnety s výstupním napětím 24 V nebo klasických 230 V, příp. 400V. Pro správnou volbu je nutné správně spočítat spotřebu a zvolit výkon elektrárny, resp. jejího generátoru/turbíny. Takový typický domek má roční spotřebu cca 9400 kWh za rok, čemuž odpovídá cca 780 kW za měsíc. V závislosti na průměrné rychlosti větru je vhodné volit výkon elektrárny 5 až 10 kW.

Z pohledu konstrukce mohou vypadat různě. Zatímco malé elektrárny s výkonem okolo 1 až 5 kW mohou ještě vypadat jako "větší" mikroelektrárny

konstrukce pro výkony nad 10 kW již někdy

vypadají jako zmenšeniny těch středních a velkých, mají již gondolu vybavenou převodovkou, brzdou a generátorem připojené přes hřídel na rotor vrtule s listy.

Vše je pak připevněno na sloupu, kterým vedou výkonové a signálové kabely.



Obr.č.16 Malá větrná elektrárna[23]

Velké elektrárny

Elektrárny velkých výkonů (300 až 3000 kW) jsou určeny k dodávce energie do veřejné rozvodné sítě. Mají asynchronní nebo synchronní generátor, který dodává střídavý proud o napětí 660 V a vyšších, a tudíž nemohou pracovat jako autonomní zdroje energie. Existují i elektrárny se speciálním mnohápólovým generátorem, který nevyžaduje převodovou skříň. Většina elektráren má konstantní otáčky regulované natáčením listů a proměnným převodovým poměrem převodovky. Některé typy mají i dvě rychlosti otáčení.

V praxi se používají většinou větrné elektrárny s horizontální osou rotace a velké elektrárny mají průměr rotoru až 80 m a věž o výšce více než 80 metrů. Trendem poslední doby je zvětšování výkonu větrných elektráren a zvyšování stožárů. Nejnovější zařízení instalovaná ve světě pracují s generátorem o výkonu až 3 MW, který je na sloupu dosahujícím výšky kolem 100 metrů. Důvodem jsou nižší měrné náklady na výrobu energie a optimální využití lokalit, kterých je omezený počet.

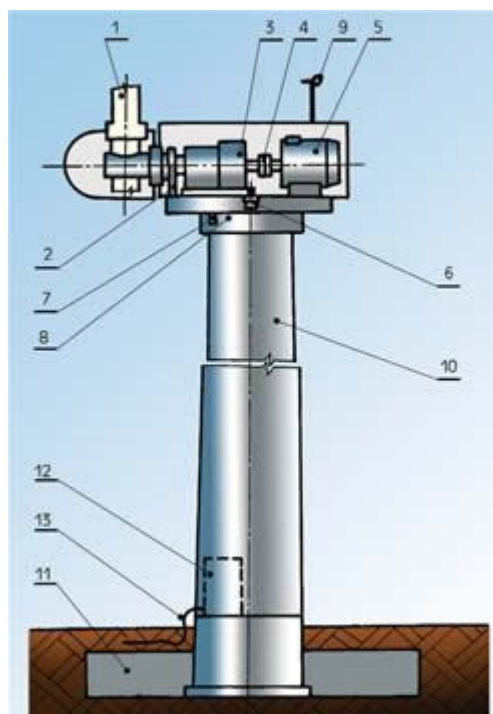
K zefektivnění provozu a snížení nákladů na projektování a výstavbu se velké elektrárny sdružují do skupin (obvykle 5 až 30 elektráren) tzv. větrných farem. Struktura střední a velké větrné elektrárny je velmi podobná a skládá se z níže uvedených částí. Rozdíl je často jen ve velikosti a dimenzování mechanických částí a pak v provedení gondoly/strojovny a samotné věže.



Obr.č.17 Velké větrné elektrárny [24]

Popis částí velké větrné elektrárny:

- 1 - rotor s rotorovou hlavicí a listy
- 2 - brzda rotoru
- 3 - planetová převodovka
- 4 - spojka
- 5 - generátor
- 6 - servo-pohon natáčení strojovny
- 7 - brzda točny strojovny
- 8 - ložisko točny strojovny
- 9 - čidla rychlosti a směru větru
- 10 - několikadílná věž elektrárny
- 11 - betonový základ elektrárny
- 12 - elektrorozvaděče silnoproudého a řídicího obvodu
- 13 - elektrická přípojka



Obr.č.18 Popis částí velké větrné elektrárny [25]

V dnešních moderních velkých elektrárnách se využívá vyspělé automatické regulace, například sestávající se ze systému individuální regulace natáčení listů rotoru v kombinaci s převodovkou s integrovaným systémem proměnlivého převodového poměru .

Rozdělení podle aerodynamického principu

Vztlakové s vodorovnou osou otáčení - vítr obtéká lopatky s profilem podobným letecké vrtuli. Na podobném principu pracovaly již historické větrné mlýny, nebo tak pracují větrná kola vodních čerpadel (tzv. americký větrný motor). Při stejném průměru rotoru v zásadě platí nepřímá závislost počtu listů a frekvence otáčení. Moderní elektrárny mají obvykle tři listy, byly však vyvinuty i typy s jedním nebo se dvěma listy.

Odporové - pracují na vztlakovém principu, kdy existují také elektrárny se svislou osou otáčení, některé pracují na odporovém principu (typ Savonius, jako misky anemometru) nebo na vztlakovém principu (typ Darrieus). Výhodou elektráren se svislou osou pracujících na vztlakovém principu je, že mohou dosahovat vyšší rychlosti otáčení a tím i vyšší účinnosti, není je třeba natáčet do směru převládajícího větru. Elektrárny se svislou osou otáčení se v praxi příliš neuplatnily, neboť u nich dochází k mnohem vyššímu dynamickému namáhání, které značně snižuje jejich životnost. Nevýhodou je malá výška rotoru nad terénem, tj. i menší rychlost větru. V praxi se téměř nepoužívají.

Elektrické generátory

Stejnoseměrné – jsou vhodné pouze pro mikroeletřárny, které produkují stejnosměrné napětí 12 nebo 24 V.

Asynchronní – produkují střídavý proud a napětí => jsou připojitelné k síti. Nevyžadují složitý připojovací systém - pouze se sledují, otáčky což rozhoduje o okamžiku připojení k síti.

Synchronní – jsou vhodné pro malé, střední i velké větrné elektrárny - mají velkou účinnost.

Regulace výkonu

Regulace Stali (pasivní) - rotor elektrárny má pevné listy a pro regulaci využívá odtržení proudnice vzduchu od listu rotoru při určité rychlosti větru. Po odtržení dojde ke snížení výkonu. Výhody jsou o něco vyšší výroba elektrické energie při vyšších rychlostech větru s větrnými nárazy a nižší pořizovací náklady. V současné době se používá i aktivní varianta regulace typu Stali, která spočívá v mírném pomalém aktivním natáčení listů v závislosti na okamžitých klimatických podmínkách, např. hustotě vzduchu.

Regulace Pitch (aktivní) - využívá natáčení celého listu rotoru podle okamžité rychlosti větru tak, aby byl celkový náběh větrného proudu v daném okamžiku optimální (dosažení nejvyšší výroby). Výhodou je vyšší výroba elektrické energie zejména při nižších rychlostech větru, kdy se optimalizace projeví nejvíce. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady. [51]

Stupeň	Vítr	Rychlost		<u>Na souši</u>
		m/s	km/h	
0	bezvětří	< 0,5	< 1	kouř stoupá kolmo vzhůru
1	vánek	~ 1,25	1 – 5	směr větru poznatelný podle pohybu kouře
2	větřík	~ 3	6 – 11	listí stromů šelestí
3	slabý vítr	~ 5	12 – 19	listy stromů a větvičky v trvalém pohybu
4	mírný vítr	~ 7	20 – 28	zdvihá prach a útržky papíru
5	čerstvý vítr	~ 9,5	29 – 39	listnaté keře se začínají hýbat
6	silný vítr	~ 12	40 – 49	telegrafní dráty sviští, používání deštníků je nesnadné
7	mírný víchř	~ 14,5	50 – 61	chůze proti větru je nesnadná, celé stromy se pohybují
8	čerstvý víchř	~ 17,5	62 – 74	ulamují se větve, chůze proti větru je normálně nemožná
9	silný víchř	~ 21	75 – 88	vítr strhává komíny, tašky a břidlice se střech
10	plný víchř	~ 24,5	89 – 102	vyvrací stromy, působí škody na obydlích
11	vichřice	~ 29	103 – 114	působí rozsáhlá pustošení
12-17	orkán	> 30	> 117	ničivé účinky (odnáší střechy, hýbe těžkými hmotami)

Tab.č.5 Beaufortova stupnice větru [26]

3. TECHNICKO-EKONOMICKÁ ANALÝZA**3.1 Technické předpoklady**

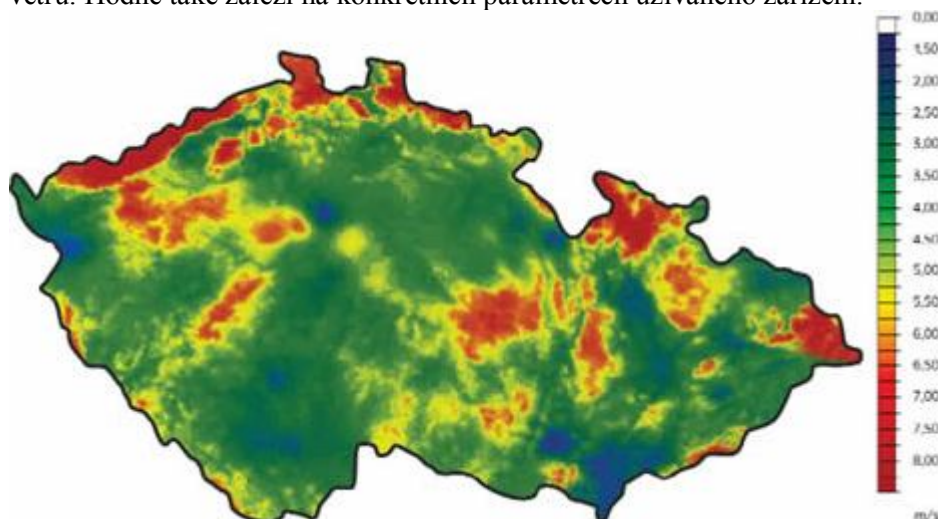
Česká republika nepatří mezi země, které jsou ovívány pravidelným a silným větrem. Tuzemskou situaci není možné srovnávat s přímořskými státy a mohou využívat sílu mořského větru. I přesto existují místa, kde má smysl o instalaci větrných farem uvažovat (především horské oblasti). Podle údajů ERÚ bylo v srpnu 2008 v ČR využito pouze 133 MW větrné energie z celkového potenciálu 900 MW, což víceméně odpovídá odhadovanému 13% využití výkonu větrných elektráren (jde o tzv. koeficient ročního využití). Tento koeficient zahrnuje veškeré technické a přírodní faktory, které omezují možnosti energetického zdroje vyrábět elektřinu. Vzhledem k bezprostřední závislosti většiny obnovitelných zdrojů na přírodních vlivech je jejich koeficient ročního využití mnohonásobně nižší než v případě fosilních nebo jaderných zdrojů a zároveň z nich dělá „energeticky nepředvídatelný“ zdroj .

Typ elektrárny	Koeficient ročního využití [%]
Jaderné	79,08
Teplné	54,69
Vodní	17,09
Větrné	12,71
Spalovací motory a plynové turbíny	3,81

Tab.č.6 Koeficient ročního využití elektráren [27]

Předpoklady pro úspěšný provoz malé větrné elektrárny

Úspěšný provoz mikrozdroje ovlivňuje několik faktorů. Prvním a nejdůležitějším z nich je síla větru v místě instalace. Ta nám totiž napoví, zda je vůbec možné mikrozdroj v dané lokalitě efektivně provozovat. Studie uvádějí, že by v místě instalace větrných elektráren měla být rychlost větru 6 m/s a více. Před realizací stavby je nutné v dané lokalitě rychlost a sílu větru změřit. Rychlost větru můžeme změřit anemometrem. Rozběhová rychlost větru u většiny malých větrných elektráren je pak kolem 3–3,5 m/s. K tomu, aby podaly výkon, který by dokázal pokrýt alespoň částečně základní spotřebu elektřiny, je však potřeba vyšší rychlost větru. Hodně také záleží na konkrétních parametrech užívaného zařízení.



Obr.č.8Větrná mapa ČR [28]

Dalším důležitým předpokladem efektivního provozu soukromé větrné elektrárny je také místo, na kterém je zařízení instalováno. Větrné elektrárny totiž vyžadují dostatečně otevřený prostor, kde nebude větru v jeho proudění bránit žádná překážka v podobě zástavby či stromů. Zásadní také je, aby se podařilo získat souhlas příslušného stavebního úřadu a kladné posouzení vlivu nového zařízení na životní prostředí. V České republice dnes existuje několik výrobců, u nichž je možné zakoupit malou větrnou elektrárnu vhodnou pro instalaci na zahradě. Prodejci nabízí dva základní typy těchto zařízení. Větrná elektrárna s výkonem do 1 kW se stejnosměrným generátorem vytváří napětí 12 či 24 V. Vhodným měničem však lze dosáhnout klasických 220 V. Toto zařízení je možné využívat v izolovaných lokalitách, jež není možné napojit na rozvodnou síť. Druhým typem je větrná elektrárna s výkonem více jak 1 kW s asynchronním generátorem. Tu lze doporučit spíše jako doplňkový zdroj, protože je nutné její napojení na elektrickou síť. Ceny větrných elektráren se pohybují v desítkách tisíc korun. Pro určení množství vyrobené energie z větrných elektráren musíme znát průběh výkonové funkce větrné elektrárny (tedy závislost výkonu elektrárny na rychlosti větru) hustotu pravděpodobnosti rychlosti větru v dané lokalitě. [51]

3.2 Ekonomická analýza

Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh	Zelené bonusy v Kč/MWh
Větrná elektrárna uvedená do provozu od 1. ledna 2010 do 31. prosince 2010	2230	1830
Větrná elektrárna uvedená do provozu od 1. ledna 2009 do 31. prosince 2009	2390	1990
Větrná elektrárna uvedená do provozu od 1. ledna 2008 do 31. prosince 2008	2610	2210
Větrná elektrárna uvedená do provozu od 1. ledna 2007 do 31. prosince 2007	2680	2280

Tab.č.7 Výkupní ceny větrné energie [29]

V ekonomické analýze se pokusíme zjistit výhodnost investice do nové možnosti využití větrné energie pro domácnosti jež se nazývá Energy Ball . Je to zajímavý trend ve výrobě malých větrných elektráren, který je určen pro osídlené plochy a městské prostředí. Při rychlosti větru 4 m/s (podle ČHMÚ průměrná celoroční rychlost větru v ČR ve výšce 10 m) je toto zařízení schopno ročně produkovat 100 kWh. Fungování zařízení by pak mělo být již při 2 m/s.

Předpokládaný roční výkon s ohledem na rychlost větru :

Průměrná roční rychlost 4 m/s: 100 kWh

Průměrná roční rychlost 5 m/s: 200 kWh

Průměrná roční rychlost 6 m/s: 350 kWh

Průměrná roční rychlost 7 m/s: 500 kWh

Základní parametry Energy Ball:

Stanovený výkon (rychlost větru 10 m/s): 100 W

Maximální výkon při rychlosti větru 17 m/s: 500 W

Rozběhová rychlost větru: 2 m/s

Maximální rychlost větru: 40 m/s

Průměr rotoru: 1,1 m

Povrch rotoru: 1 m²

Cena: 120 000 Kč



Obr.č.20 Energy Ball [30]

Kalkulace

Jednou z výhod oproti běžným mikrozdrojům je skutečnost, že je možné ho instalovat i v hustěji zastavěných oblastech, např. na střeše budov. Zkusíme tedy spočítat, zda se tato novinka v malé větrné energetice vyplatí .

Kdybychom Energy Ball koupili a umístili ho na místo, kde je průměrná roční rychlost větru 6 m/s , ročně by nám měl tedy vyrobit asi 350 kWh elektřiny. Pro příklad uvedu, že podle údajů ERÚ spotřebuje průměrný Čech asi 1 480 kWh elektřiny ročně. Pokud by chtěl každý z nás být energeticky samostatný, musel by vlastnit necelých 5 takovýchto zařízení. Když započítáme garantovanou výkupní cenu 2,23 Kč/ kWh zjistíme, že toto zařízení může za rok vydělat $350 \cdot 2,23 = 780$ Kč. Je tedy na první pohled jasné, že investice je velice nevýhodná a při pořizovací ceně 120 000 Kč by se nám tato investice vrátila za dlouhých 153 let.

Doba, kdy se vyplatí vlastnit soukromý mikrozdroj vyrábějící větrnou energii, která by člověku přivedla nějaký zisk, zatím ještě nenastala. Pokud člověk nevlastní samotou někde v Krušných horách, kde se prohání silný vítr, nemá pro něj soukromá větrná elektrárna žádný smysl .Nové produkty typu Energy Ball mohou získat všeobecnější využití tehdy, až dojde k výraznému zvýšení cen elektřiny, nárůstu výkonu zařízení a současně k poklesu pořizovací ceny těchto výrobků.

BIOMASA



1. ÚVOD

Obr. Rostlinná biomasa[31]

Obnovitelné zdroje energie jsou ve své podstatě spojeny se slunečním zářením. Jinak to není ani u biomasy. Biomasa lze z energetického hlediska považovat za akumulované sluneční záření. Lidstvo využívá energii akumulovanou v rostlinách asi 400.000 let, ale teprve v posledních letech se zejména v důsledku postupného nárůstu konkurenceschopnosti v některých segmentech trhu oproti standardizovaným fosilním palivům způsobem jejich užití dostávají na vysokou technickou úroveň.

Při spalování biomasy rovněž vzniká oxid uhličitý, který však skleníkový efekt nenavýšuje a to z důvodu, že rostliny za svého růstu CO_2 z ovzduší odebírají. Vzhledem k tomu, že průměrná délka života živé fytohmoty je cca 10 let a podzemní části rostlin obvykle ještě déle, přeměněný CO_2 zadržují jako kořeny nebo jako půdní organická hmota. Pěstování energetické fytohmoty představuje tedy významné vázání oxidu uhličitého z atmosféry. Obecně je biomasa vnímána jako hmota rostlinného původu, která naroste na poli nebo v lese, nicméně dle uznávaných definic se jedná v podstatě o veškerou hmotu biologického původu. To znamená, že biomasa má široký rozsah druhů zahrnující dendromasu (dřevní biomasa), fytoomasu (biomasa z bylin, vč. zemědělských plodin) a biomasu živočišného původu. Jedním z druhů biomasy jsou tak i biologicky rozložitelné odpady (čisté nebo vytríděné z ostatních složek, např. na skládkách). V souvislosti s rostoucími požadavky na využití biomasy v energetice, v dopravě jako součást pohonných hmot, i jako obnovitelné suroviny v průmyslu je nutné se zamyslet nad potenciálem, možnostmi a způsoby efektivního využívání biomasy v budoucnu a vytvářet tak podmínky pro dlouhodobě udržitelné využívání zemědělské půdy. [52]

1.1 Historie

Historie ostatních obnovitelných zdrojů energie je ve srovnání s biomasou relativně krátká. Po slunečním záření byla biomasa jediným dostupným energetickým zdrojem na Zemi po miliardy let. Nepočítáme-li potraviny, využívá lidstvo biomasu jako zdroj energie od okamžiku, kdy se člověk naučil rozdělat a udržovat oheň - minimálně desítky tisíc let. Ještě v 19. století byla přitom biomasa zdrojem dominantním, teprve ve 20. století začaly převažovat fosilní zdroje. Po objevení fosilních paliv tato surovina ustoupila do pozadí. V moderním světě však opět našla uplatnění, aby mohla slavit svou renesanci. V současnosti je celkový podíl biomasy na výrobě elektrické energie vyšší než podíl ostatních obnovitelných zdrojů.

1.2 Situace v ČR

Biomasa sloužila v českých zemích ještě poměrně nedávno – v období od konce 1. světové do konce 2. světové války – k výrobě nezanedbatelného množství různých biopaliv (lihu, dřevěného uhlí, dřevoplynu) nebo přímo k získávání energie spalováním. Asi nejznámějším příkladem byly dřevoplynové agregáty využívané pro pohon automobilů (příkladada se polénka nebo dřevěné uhlí) za druhé světové války a těsně po ní. Nedostatek kapalných fosilních paliv tehdy zapříčinil rychlý a ekonomicky rentabilní rozvoj dřevoplynových agregátů.

Mezi pozitivní faktory situace v ČR, z hlediska záměrného pěstování biomasy, patří velká rozloha tzv. marginálních zemědělských půd s nižším zemědělským produkčním potenciálem. ČR je ve srovnání s průměrem EU zemí s vysokým zorněním zemědělské půdy (73,8 % proti 53,5 %), která pokrývá 54,3 % rozlohy státu (v EU je to jen 41,5 %).

Velká část zemědělské půdy (45 %) navíc leží v horských a podhorských oblastech s členitým kopcovitým terénem a tvrdými klimatickými podmínkami, kde v dnešní době není intenzivní zemědělská výroba ekonomicky efektivní.

Od roku 1990 narůstá rozloha neobdělávané půdy a podle odhadů MZe je celková rozloha neobdělávané půdy 300 tis. ha (7 % zemědělského půdního fondu.). Tato půda je potenciálně využitelná pro RRD a jiné energetické plodiny. Dále lze k pěstování biomasy využít půd tzv. problémových, které jsou nevhodné pro potravinářskou produkci v důsledku nevhodné lidské činnosti. Jejich rozloha se odhaduje na 54 tis. ha.

Z rozboru stavu využívání jednotlivých obnovitelných energií vyplývá, že 65 % podíl patří právě energii vyrobené z biomasy. Využití energie z biomasy rok od roku stoupá. Využitelný potenciál energie z biomasy se zpřesňuje podrobnými průzkumy v jednotlivých krajích. Využitelný potenciál energetické biomasy představuje biomasu získatelnou za ekonomicky příznivých podmínek. [52]

2. POPIS ZAŘÍZENÍ A TECHNOLOGIE

2.1 Zdroje biomasy

Z hlediska vzniku biomasy je biomasu vhodnou pro výrobu energie možno rozdělit na tyto základní skupiny:

1. Zbytková biomasa ze zemědělství

- rostlinné sklizňové zbytky zemědělské prvovýroby, zejména sláma obilná a řepková
- organické zbytky zemědělské výroby, zejména chlévská mrva
- organické nebo rostlinné zbytky ze zpracovatelského průmyslu, zejména mlékárenského a potravinářského (např. rostlinné obaly olejnatých semen - slunečnice, tuky)

2. Zbytková biomasa z lesnictví

- těžební odpad z lesního hospodaření např. z prořezávek, probírek a nehroubí (průměr kmene < 7cm) z mýtní těžby
- spalitelný odpad z pilařské výroby, dřevozpracujícího a papírenského průmyslu

3. Biomasa energetických rostlin 1. generace

- řepka a palma olejná na FAME a PPO (čistý řepkový olej)
- pšenice a kukuřice (v USA) na bioetanol
- žitovec (triticale) na pelety

4. Biomasa energetických rostlin 2. generace (tzv. ligno-celulózní plodiny)

- dřeviny: např. topoly, vrby nebo v teplejších oblastech eukalyptus
- nedřevnaté rostliny: energetický šťovík, ozdobnice, proso dvojřadé aj.

Zbytková biomasa lesní a zemědělská

Zbytková biomasa je v našich podmínkách převážně snadno dostupná a levná forma paliva. Bývá tedy prvním a zatím také hlavním zdrojem biopaliv v existujících nebo budovaných výtopnách a kotelnách na spalování biomasy.

Energetické rostliny

Jako energetické plodiny je využívána celá řada jednoletých a víceletých bylin nebo rychle rostoucí dřeviny pěstované na zemědělské půdě. Rychle rostoucí dřeviny (RRD) jsou pěstovány na tzv. výmladkových plantážích. Jedná se o relativně nový způsob pěstování zejména topolů a vrby.

Faktory ovlivňující výnos

Limitujícími faktory pro růst rostlin jsou sluneční záření, teplota, dostupnost živin a množství srážek respektive dostupnost vody. Teplota a množství slunečního záření jsou dány klimatickými podmínkami, ovlivnit lze pouze množství vláhy a živin. V ČR jsou pro tyto rostliny vhodné podmínky jen na jižní Moravě a v Polabské nížině, na ostatním území není jejich výhodnost jednoznačná. Při pěstování energetických plodin jsou proto vybírány takové, které mají vysoké výnosy při minimálních nebo nulových vstupech.



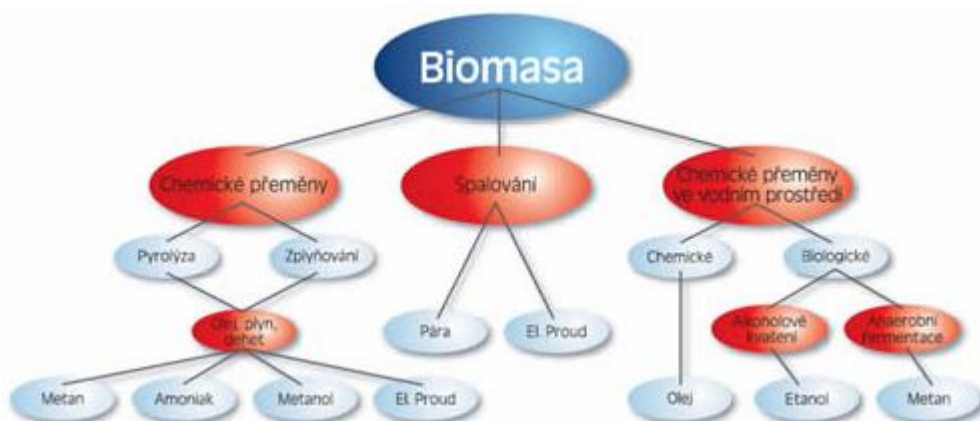
Obr.č.21 Energetické traviny [31]

2.2 Zpracování biomasy

Základním rozdělením procesu, kterými se biomasa zpracovává, je rozdělení na tzv. suché a mokré procesy. Mírou, podle níž se určuje, zda jde o mokrý či suchý proces, je obsah sušiny v biomase, přičemž přibližnou hranicí, od níž je proces považován za suchý, je obsah sušiny vyšší než 50 %. Z principiálního hlediska lze rozlišit několik způsobů získávání energie z biomasy a přípravy biomasy pro energetické využití.

Biomasa může být před konečným využitím zpracovávána různými technologickými procesy:

- mechanické procesy
 - řezání (těžba a zpracování dřeva na řezivo a palivo), odpadem jsou piliny, které slouží k výrobě dřevních pelet a briket
 - drcení - používá se například jako předstupeň při výrobě pelet a briket
 - štěpkování - pro následné použití k výrobě tepla, případně i elektrické energie
 - lisování pelet nebo briket - pro následné použití k výrobě tepla, případně i elektrické energie
 - lisování oleje - pomineme-li potravinářství, je olej následně esterifikován na metylester (MEŘO - metylester řepkového oleje, známý jako bionafta)
- termické procesy
 - spalování - výroba tepla s následnou možností výroby elektřiny, v současnosti nejrozšířenější způsob využití biomasy, v některých zařízeních může být biomasa spoluspalována s fosilními palivy.
 - zplynování - výroba generátorového plynu, obvykle pro následné použití ve spalovacích motorech buď k pohonu vozidel, nebo k výrobě elektřiny a tepla
 - rychlá pyrolýza - produktem je kapalina podobná ropě, která je následně i podobným způsobem zpracovávána
- chemické procesy
 - esterifikace - výroba metylesteru (bionafty) z oleje
- mikrobiologické procesy
 - alkoholové kvašení - výroba metanolu, etanolu, ale i izobutanolu pro další použití, kromě spalování a přimíchávání do benzínu se uvažuje i o využití v palivových článcích
 - anaerobní digesce - výroba bioplynu s následnou možností úpravy na biometan, možnosti použití biometanu jsou shodné se zemním plynem
 - kompostování - využívá se přímo teplo produkované mikroorganismy



Obr.č.22 Zpracování biomasy [32]

2.3 Využití biomasy

Výroba tepla a elektrické energie přímým spalováním biomasy

Při kombinované výrobě elektrické energie a tepla z biomasy dochází k tomu, že teplo vznikající při jejím spalování ohřívá vodu, z které se tak uvolňuje pára, ta prochází přes parní turbínu připojenou ke generátoru, v němž vzniká elektrická energie. Zbytek vody, která se nepřeměnila v páru, pak slouží jako zdroj tepla. Při spalování se často k samotné biomase přidává také uhlí nebo komunální odpad, přičemž se využívají fluidní kotle, kde se spalovaný materiál nachází ve vznosu a dochází ke kvalitnějšímu spalování než v klasických kotlích při vzniku menšího množství škodlivin vypouštěných do ovzduší.

Výroba tepla a elektrické energie zplynováním biomasy

Při zplynování dochází k tomu, že biomasa neprojde typickým spalovacím procesem, ale je ve speciálním zplynovacím zařízení rozložena, přičemž kromě pevného zbytku vzniká též směs plynu (CO , CO_2 , H_2 , CH_4 , N_2), z nichž podstatnou část tvoří methan. Takto vzniknuvší bioplyn se pak dále spaluje za vzniku tepla a elektrické energie. Zplynování může probíhat dvěma způsoby (v závislosti na tom, čím na biomasu působíme). Prvním způsobem je zplynování působením oxidačního prostředí (vzduch nebo kyslík), kdy část biomasy shoří a vznikající teplo slouží k tepelnému rozkladu biomasy zbývající. Druhou metodou, využívanou při zplynování biomasy je zplynování působením vodní páry nebo směsi páry a spalín. Při této metodě je však nutno dodávat také energii zvenčí, protože při daném způsobu se neuvolňuje dostatek tepla potřebného k dokonalému zplynování. Vzniká však bioplyn, jenž je podstatně výhřejší než u předchozí metody. Vzniklý bioplyn se pak po několikastupňovém přečištění spaluje v motoru, který pohání generátor a vzniká tak opět elektrická energie. Zbytkové teplo se zase využívá k vytápění. Při zplynování kromě bioplynu vzniká samozřejmě i popel, ale kromě toho i sloučeniny dehtu a saze, jež se musí před spalováním z plynu odstranit, proto je ve výrobním procesu zařazeno jeho několikastupňové čištění.

Výroba elektřiny z biomasy

U biomasy zpravidla nikdy nepůjde jen o samostatnou výrobu elektrické energie na způsob kondenzačních elektráren, ale o KVET - kombinovanou výrobu elektřiny a tepla - kogeneraci. Z biomasy se vyrobilo 968 023 MWh elektřiny, což odpovídá asi 28,37 % z celkové výroby z obnovitelných zdrojů (nejvíce z vodních elektráren). Biomasa naopak vedla v oblasti výroby tepla z obnovitelných zdrojů. Z této suroviny se vyrobilo přes 45,5 milionů GJ tepla. Z toho domácnosti vyrobily téměř 60 %.

V souvislosti s využíváním biomasy na výrobu elektřiny je často kritizována její neefektivnost. Výroba elektřiny z biomasy však není tak účinná, jak by se dalo předpokládat. Účinnost biomasy je při výrobě elektřiny odhadována na 25–35 %. Zbytková energie (tedy 65–75 %), která je produkována ve formě tepla, zůstává nevyužita. Tento problém je možné vyřešit

kombinovanou výrobou tepla a elektřiny. V rámci kogenerace je teplo vznikající při výrobě elektřiny užíváno na vytápění. Kogenerací je možné zajistit úsporu paliva ve výši 20–30 %. Výroba kogenerací mimo to snižuje produkci emisí, které by byly vyšší v případě oddělené výroby. Sporným bodem ohledně využívání biomasy je její spalování s uhlím. Takto postupuje např. společnost ČEZ. Tento způsob využití biomasy je podle studií nejjednodušší a nejlevnější. Společným spalováním dochází k potlačení nevýhodných vlastností uhlí i biomasy. ČEZ v České republice provozuje několik tepelných elektráren, v nichž je spalována biomasa spolu s hnědým uhlím. Podle údajů ERÚ z roku 2007 se jednalo o tepelnou elektrárnu v Poříčí, Hodoníně a ve Dvoře Králové. V roce 2008 vyrobil ČEZ z biomasy necelých 327 GWh elektřiny. Je nutné opět upozornit na to, že při této výrobě nejedná pouze o čistě ekologický způsob výroby elektřiny (kvůli spalování hnědého uhlí). V roce 2008 bylo v elektrárnách ČEZu spáleno více než 347 tisíc tun biomasy. Mezi nejvýznamnější elektrárny, v nichž je spalována biomasa, patří Tisová, Poříčí, Dvůr Králové a Hodonín. Výrobu elektřiny v jednotlivých elektrárnách ČEZu ukazuje následující tabulka.

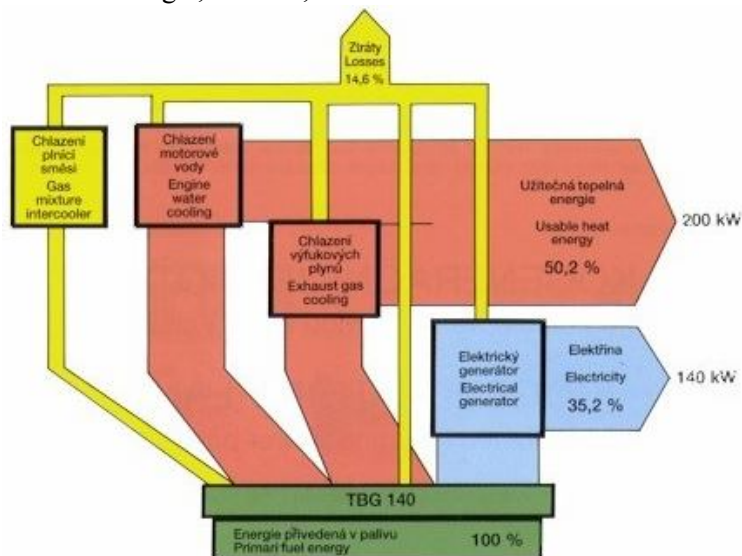
Elektrárna	Výroba 2008 (MWh)	Výroba 2007 (MWh)	Meziroční nárůst (%)
Tisová	44 407	41 249	7,7
Poříčí	120 250	79 247	51,7
Dvůr Králové	13 021	12 732	2,3
Hodonín	149 231	115 966	28,7
Celkem v ČR	326 910	249 239	31,2

Tab.č.8 Výroba v elektrárnách spalující (nejen) biomasu [33]

3. TECHNICKO-EKONOMICKÁ ANALÝZA

3.1 Technické předpoklady

Kogenerační jednotka je zařízení, které spalováním paliva vyrábí současně elektrický proud a teplo. Jako palivo pro spalovací motor kogenerační jednotky se používá zemní plyn, různé druhy bioplynu s vyšším obsahem metanu (např. kalové plyny z čistíren odpadních vod, skládkové plyny), nízkovýhřevný plyn získaný zplynováním biomasy atd. Využití kogeneračních jednotek je možné ve všech oborech lidské činnosti, jedná se např. o průmyslové podniky, nemocnice, školy, hotely, penziony, ubytovny, bazény, výrobce tepla, blokové kotelny atd. Výroba tepla a elektrické energie, chlazení, klimatizace.



Obr.č.23 Jednoduché schéma kogenerační jednotky [34]

El. energii vyrábí generátor, teplo je získáváno z chlazení spalovacího motoru, mazacího oleje a spalin (výroba obou forem energií je vzájemně spjata a je dán poměr mezi jejich množstvím).

Podle pohonu generátoru dělíme kogenerační jednotky na jednotky s :

- Plynovými spalovacími motory
- Plynové spalovací turbíny
- Parní turbíny

Základními podmínkami úspěšné instalace kogenerační jednotky jsou:

- Plné využití vyrobeného tepla
- Vlastní spotřeba vyrobené elektrické energie nebo její dodávka do veřejné sítě
- Zpracování důkladné ekonomické rozvahy
- Kogenerační jednotka musí splňovat emisní limity platné pro kogenerační jednotky s plynovými spalovacími motory
- V případě prodeje elektrické energie (tepla) je nutné zažádat ERU o udělení licence na výrobu a prodej elektrické energie (tepla). [52]

3.2 Ekonomické předpoklady

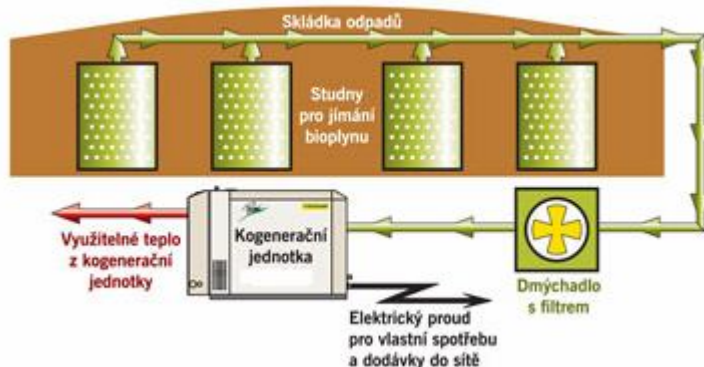
Vyrozená elektrická energie se opět může :

- rovnou využít ke spotřebě (pokrýt elektrickou spotřebu domu)
- prodeji elektrické energie do distribuční sítě

Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh	Zelené bonusy v Kč/MWh
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O1 v nových výrobnách elektřiny nebo zdrojích od 1. ledna 2008 do 31. prosince 2010	4580	3610
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O2 v nových výrobnách elektřiny nebo zdrojích od 1. ledna 2008 do 31. prosince 2010	3530	2560
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O3 v nových výrobnách elektřiny nebo zdrojích od 1. ledna 2008 do 31. prosince 2010	2630	1660

Tab.č.9 Výkupní ceny a zelené bonusy pro výrobu elektřiny z biomasy [35]

Jako příklad použití kogenerace uvedu využití skládkového bioplynu (skládky Chotíkov). Ze skládek se uvolňuje metan, který má negativní vliv na ozónovou vrstvu a skleníkový efekt. U nových či rekonstrukcí starých skládek se chce docílit toho, aby metan bez využití zbytečně neunikal. Ve skládce jsou proto umístěny sběrné drenáže a potrubí, ve kterých se zachytává bioplyn a odvádí se na povrch.



Obr.č.24 Schéma sklárky s využitím bioplynu [36]

S bioplymem se pak může vynakládat různě :

- spalování na skládce bez energetického zisku, pouze likvidace metanu
- zachytávání v jímkách, čerpací stanice, úprava, možnost využití pro energetické účely (výtopna, kogenerace)

Optimální je pak využití v místě sklárky nebo v její blízkosti například ve formě bioplynové stanice, která slouží ke komplexnímu zpracování odpadů s pozdějším využitím k výrobě tepla a elektrické energie. Plyn minielektrárna jímá ze skládkové kazety K1. Objem této kazety je zhruba 570 tisíc kubických metrů. Kogenerační jednotka si z ní bere 55 až 60 m³ bioplynu za hodinu. Takové množství by mohla kazeta vydávat sedm až devět let. Po vyčerpání plynů z K1 se mobilní zařízení přemístí ke kazetě K2.

Kalkulace

Cena jednotky	5,5 mil. Kč
Max.výkon	120 kW
produkce	Cca 700 MWh/rok
Výkup elektřiny	2,27 Kč/kWh
Spotřeba plynu	Až 60 m ³ /hod.
Návratnost investice	do 4 let

$$\text{Roční zisk} = 700\,000 \cdot 2,24 = 1\,589\,000 \text{ Kč}$$

$$\text{Návratnost} = 5\,500\,000 / 1\,589\,000 = 3,4 \text{ let}$$

$$\text{Celkový čistý zisk} = 5 \cdot 1\,589\,000 = 7\,945\,000$$

Viz. 5 (roky, které by po splacení investice mohla jednotka ještě fungovat, 9-4)

Při roční produkci 700 MWh a smluvené výkupní ceně 2,27 Kč/kWh by se vložená investice vrátila do 4 let. Kdybychom počítali, že kazeta po splacení investice bude provozní ještě 5 let, celkový čistý zisk by vyšel 7 945 000 Kč. Takováto rekonstrukce se tedy vyplatí a otevírá se nová možnost využití skládek, které mohou být využívány zcela novým způsobem s rozumnou dobou návratnosti investice, vložené do nainstalování takového zařízení.

VODNÍ ENERGIE



1. ÚVOD

Obr. Vodní elektrárna [37]

Celosvětové zdroje vodní energie jsou obrovské. Voda v přírodě může být nositelem mechanické, chemické a tepelné energie. Největší potenciál se skrývá v oceánech v podobě energie tepelné. Oceán je jako obrovský akumulátor, jeho objem představuje 1,3 miliardy krychlových kilometrů, což představuje 97% veškerého vodstva planety Země. Využití teplotního spádu mezi povrchovými vodami již je s jistými úspěchy realizováno. Jedním z projektů je systém označovaný jako Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC), jež byl experimentálně odzkoušen a jsou budovány projekty o výkonech desítek megawatt. Možnosti využití tepelné energie skrývají i různé proudy vznikající mezi částmi oceánů s rozdílnými teplotami. Největší význam z energetického hlediska má Golský proud. Jeho teoretický výkon dosahuje až 25 000 MW. Existuje řada projektů o využití velkých turbín, ovšem všechny projekty tohoto využívání mořských proudů s sebou však nesou velké riziko. Hrozba je spjata se zpomalením Golského proudu a možné katastrofické důsledky na klima modré planety se dají stěží odhadnout.

Využití tepelné energie oceánů je však teoreticky možné, různé technologické postupy jsou spíše na začátku svého vývoje a předpokládá se spíše snižování jejich ceny. Nejdůležitější formou je mechanická energie vod. Mechanická (hydraulická) energie prakticky využívá energie vodních toků, moří ve formě vlnění a ve formě přílivu a odlivu. V současné době je technicky nejvíce využívána mechanická energie vodních toků tzv. bílé uhlí, která je perspektivní především v oblastech prudkých toků s velkými spády. Fialové uhlí, tak je někdy označována energie mořských vln. Tato energie vznikající působením větru případně podmořskou činností je však velmi nestálá a nerovnoměrná. Její potenciál a síla mořských vln dokáže být obrovská, známé jsou např. katastrofické důsledky vln tsunami v posledních letech. Její praktické využití je problematické, výzkumy s plovoucími pontony a turbínami nevedly k uspokojivým výsledkům.

Jiné mechanické energii vyskytující se ve formě přílivu a odlivu na pobřežích pevniny se říká slapová energie, někdy též modré uhlí. Její původ se nalézá v přitažlivosti Měsíce a Slunce. Využití cyklického kolísání hladiny v přílivových elektrárnách při přílivu a odlivu je velmi nadějně. Funkce takovéto elektrárny je pak jednoduchá. Hrází s otvory stoupá (období přílivu) případně vytéká (období odlivu) voda a ta zaplavuje pobřeží za hrází. V otvorech hráze jsou umístěny reverzibilní turbíny, které se jak při přílivu, tak při odlivu roztáčí. Kolísání hladiny dosahuje průměrně 4 m, výjimečně na různých místech planety např. u Nového Skotska (Severní Amerika) však 18 až 20 metrů.

S rozvojem jaderné energetiky souvisí i potřeba rozvoje a výstavby vhodných zdrojů pro krytí špičkových zatížení. Takovým zdrojem energie jsou přečerpávací vodní elektrárny (PVE), které mají regulační schopnost rychlé operativní změny zatížení a jiných parametrů. Hydroenergetický potenciál na naší planetě není ještě zdaleka vyčerpán. Pouze zhruba 15 % technicky využitelných zdrojů slouží k výrobě elektrické energie. Vodní elektrárny s ohledem na své specifické provozní schopnosti plní v každé energetické soustavě funkce, které nelze nahradit jinými zdroji. Mimo základní funkci – vlastní výrobu elektrické energie – jsou ceněny především služby přímo ovlivňující kvalitu dodávané elektrické energie – regulace výkonu a frekvence v energetické soustavě a pohotovostní rezerva. Z celkové světové výroby elektrické

energie patří 18% právě energii vyrobené z vodních zdrojů, což v celosvětovém měřítku není zdaleka málo. [53]

1.1 Historie

Vodní síla, patří mezi jedny z nejstarších způsobů využívání energie a neoddiskutovatelně patří k vývoji civilizace. Byla technologicky nejdříve ovládanou obnovitelnou energií a dodnes patří stále k nejvíce využívaným zdrojům čisté energie k výrobě elektřiny vůbec. Vodní kola - zprvu horizontální a později vertikální - se pro nejrůznější účely používala již před tisíciletími. Vodní kolo představovalo důležitý zdroj mechanické energie využívané ve starých provozech jako mlýny, pily, později manufaktury. Zatímco energie získávaná prostřednictvím vodního kola byla využívána pro velmi pestré spektrum nejrůznějších lidských činností, moderní vodní turbíny nachází uplatnění takřka výhradně při výrobě elektrického proudu. Jednu z prvních vodních elektráren postavil T. A. Edison roku 1882 v Appletonu a krátce nato pod Niagarskými vodopády. Také rozvoj výroby elektrické energie z vodních elektráren souvisí především s prvním dálkovým přenosem elektrického proudu a rozvojem elektrizační soustavy. Přenos elektrické energie na větší vzdálenosti pak umožnil výstavbu elektráren přímo u zdrojů energie bez omezení na místo spotřeby. Rozvoj hydroenergetiky na přelomu 19. a 20. století podnítilo několik významných faktorů. V první řadě již byly k dispozici vhodné a účinné vodní turbíny, možnost výroby a přenosu elektrické energie a také skutečnost stále rostoucích cen uhlí. Projevovala se též snaha vyrábět elektrickou energii v mlýnech, které byly dříve odstaveny. Hydroenergetika tak pomáhala k postupné elektrizaci obcí a dalšímu rozvoji výroby.



Obr. č. 25 Starý vodní mlýn [37]

1.2 Situace v ČR

V České republice je z logických důvodů možné využít pouze mechanické energie řek a potoků. Dle aktuálních statistik ERÚ a MPO je v provozu cca 1500 vodních elektráren. Celkový instalovaný výkon těchto zdrojů představuje 2 000 MW. Proti jediné budované čínské elektrárně se zdá tato hodnota neuvěřitelně nízká. Vše je samozřejmě dáno polohou naší republiky - přírodními podmínkami, jejím hydroenergetickým potenciálem. Výstavba vodních elektráren má však v České republice bohatou tradici. Literatura udává, že ve 30. letech minulého století bylo na území bývalého Československa v provozu více než 11 000 vodních elektráren. Všechny tyto elektrárny by se řadily do skupiny tzv. MVE (malá vodní elektrárna). Toto označení se u nás užívá pro elektrárny s instalovaným výkonem pod 10 MW. Pouze 8 elektráren na území našeho státu tuto hodnotu přesahuje. Byly vybudovány ve 40 - 70 letech 20. století vesměs v rámci Vltavské kaskády. Největší elektrárna Orlik má instalovaný výkon 360 MW. Následují Slapy, Lipno I, Kamýk, Štěchovice I všechny ve vlastnictví skupiny ČEZ a.s. Technicky využitelný potenciál naší republiky se zahrnutím všech aspektů zohledňujících životní prostředí, osídlení, infrastrukturu a rozmístění průmyslu se odhaduje v průměrně vodním roce na maximálně 3 000 GWh/rok. Rozvoj a rozšiřování MVE se u nás v uplynulých 15 letech obnovil. I k ožívání MVE přispívá současná legislativa výrazně podporující OZE i dotační politika státu a EU. Především díky zákonu o OZE se zlepšila úvěrová podpora těchto realizací bankami a jejich obnovování bude nadále pokračovat s rostoucí cenou energie. MVE k naší republice a její historii patří, mají nezastupitelnou úlohu i proto, že jsou rozptýleny po celém území. Tyto malé bodové zdroje pak významně nezatěžují přenosovou soustavu. Dnes jsou všechna místa pro stavbu velkých vodních děl využita (poslední stupně Vltavské kaskády Hněvkovice a Kořensko byly postaveny v souvislosti s JE Temelín). Vzhledem k omezeným spádům a průtokům řek v ČR nelze očekávat další velké elektrárny, existují pouze studie na přečerpávací vodní elektrárny s výkony v stovkách MW, projektované

na menších vodních tocích. Prakticky všechny řeky, které se v České republice nacházejí, zde pramení a všechna voda z území odtéká, což znamená, že značná část vodní energie je na území rozptýlena v malých tocích. Česká republika je v porovnání s ostatními evropskými státy se svými cca 350 kWh/ha řazena mezi hydroenergeticky chudé země. Je skutečností, že dnes již je valná část našeho potenciálu využívána. Výstavba a provoz malých vodních elektráren na řekách slouží buď pro vlastní spotřebu provozovatele nebo pomáhá lokálním sítím nízkého napětí. Pro regulaci elektrizační soustavy jsou malé vodní elektrárny nepodstatné. Jedná se o průtočné elektrárny, jejichž průtok (a tím i výkon) je dán 4 hydrologickými poměry v povodí bez možnosti regulace. Při výrobě elektřiny mají dnes vodní elektrárny (VE) největší podíl na výrobě elektřiny z obnovitelných zdrojů.

Vodní energie má největší podíl na výrobě elektřiny ze všech obnovitelných zdrojů energie. V roce 2008 se podle Ministerstva průmyslu a obchodu jednalo zhruba o 54 %. V České republice najdeme dva základní typy vodních elektráren a to klasické přehradní a přečerpávací. Přehradní elektrárny se dále dělí na průtočné, které využívají přirozený průtok, a akumulární, jež odebírají vodu v závislosti na momentální spotřebě energie. Dále lze přehradní elektrárny rozlišit na velké a malé. Jako malé vodní elektrárny se u nás označují vodní elektrárny s instalovaným výkonem do 10 MW (podle typologie EU jsou jako malé vodní elektrárny označovány zdroje do instalovaného výkonu 5 MW).

Velké vodní elektrárny v České republice

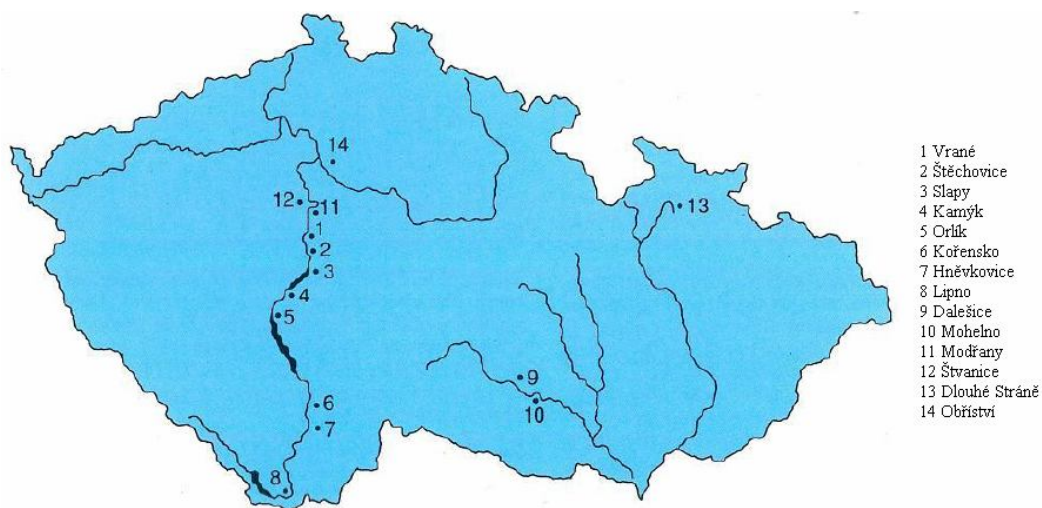
Velké vodní elektrárny jsou v ČR především na přehradních nádržích. Celkem u nás máme 10 velkých hydroelektráren (včetně přečerpávacích), z nichž je převážná většina situována na toku Vltavy, kde tvoří tzv. vltavskou kaskádu. Tyto elektrárny jsou řízeny z centrálního dispečinku ve Štěchovicích a jejich provoz je automatický. Mezi naše nejstarší velké vodní elektrárny patří Vrané a Střekov, které byly uvedeny do provozu v roce 1936 a mají ze všech hydroelektráren nejnižší instalovaný výkon. Naopak nejvýkonnější průtočnou elektrárnou je Orlík.



Obr.č.26 Vodní elektrárna Orlík [38]

Elektrárna	Instalovaný výkon (MW)	Rok uvedení do provozu
Akumulační a průtočné elektrárny		
Lipno I	120	1959
Orlík	364	1961 – 1962
Kamýk	40	1961
Slapy	144	1954 – 1955
Štěchovice I	22,5	1943 – 1944
Vrané	13,88	1936
Střekov	19,5	1936
Přečerpávací vodní elektrárny		
Štěchovice II	45	1948, 1996
Dalešice	450	1978
Dlouhé Stráně I	650	1996

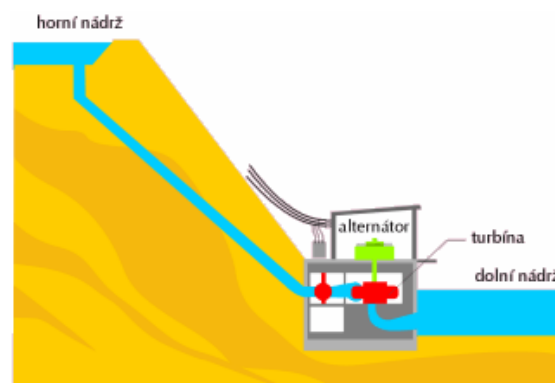
Tab.č.3Přehled velkých vodních elektráren v ČR [39]



Obr.č.27 Umístění VVE v ČR [40]

Přečerpávací elektrárny

Speciálním typem hydroelektrárén jsou přečerpávací elektrárny, které slouží k akumulaci elektrické energie prostřednictvím gravitační potenciální energie vody. Jedná se o dvě nádrže spojené spádovým potrubím, přičemž jedna z nich je umístěna v údolí a druhá naopak na vyšším místě. V noci se přebytečná energie používá k přečerpávání vody z dolní nádrže do horní, která je pak během energetické špičky vypouštěna dolů do dolní nádrže přes turbínu vodní elektrárny.



Obr.č.28 Schéma přečerpávací elektrárny [41]

V tuzemsku najdeme tři přečerpávací hydroelektrárny, z nichž každá má nějakou zajímavost. Elektrárna Štěchovice II představuje naší nejmenší a zároveň nejstarší přečerpávací elektrárnou, Dalešice je nejrychleji najíždějící elektrárnou v Česku a Dlouhé Stráně I zase vodní elektrárnou s nejvyšším instalovaným výkonem (650 MW).

Malé vodní elektrárny

Malá vodní elektrárna (MVE) je označení pro vodní elektrárny s instalovaným výkonem maximálně do 10 MW. Evropská unie však považuje za MVE vodní elektrárny do výkonu 5 MW. Velká většina výkonu vodních elektráren, cca 90% je z elektráren o výkonu větším než 5 MW a zbylých cca 10% je z MVE podle evropského řazení. Malé vodní elektrárny se většinou budují v místě bývalých mlýnů a jezů. Pro konstrukci malých vodních elektráren se často používá Bánkiho turbína, tato turbína je konstrukčně velmi jednoduchá a tím i ekonomická na pořízení. Jak již bylo řečeno, před 2. světovou válkou bylo na území České republiky přes 11 500 malých vodních elektráren. Při pozdějším přechodu na velké centrální zdroje však docházelo k jejich likvidaci. V současnosti je v provozu pouze zhruba 1 500 malých vodních elektráren, z nichž velká část využívá zastaralou technologii. Právě rekonstrukce starých malých vodních elektráren je jednou z cest, jak zefektivnit využitelnost potenciálu toků a podílet se na výrobě čisté elektrické energie. Skupina ČEZ spravuje 27 malých vodních elektráren a nalézá se mezi nimi i takový unikát, jako je elektrárna Čenková pila z roku 1912, která je národní kulturní památkou. [53]

2. POPIS ZAŘÍZENÍ A TECHNOLOGIE**2.1 Zdroje vodní energie**

Přírozené zdroje - jedná se o soustředění spádu na jedné řece (např. vodopád, přírozený práh, velký sklon toku), dále soustředění spádu převedením vody z jedné řeky či výše položeného jezera s přírodním přítokem do řeky či jezera níže položeného. Přírodní soustředění spádu se vyskytuje poměrně zřídka, takže řešení spočívá na umělých zdrojích.

Umělé zdroje jsou hlavním prostředkem na využití vodní energie, které se realizují různými technickými objekty a zařízeními. Podle toho zda soustředíme spád (H), průtok (Q) nebo spád i průtok (H,Q), jsou umělé zdroje řešeny podle následujících schémat:

- *Soustředění spádu* lze provést přehradou, jezem a kanálem s volnou hladinou, tlakovým přiváděčem nebo kombinací těchto prostředků (např. přehradou a tlakovým přiváděčem).
- *Soustředění průtoku* lze provést zachycením svahového odtoku většího množství drobných zdrojů (potůčků), většinou v horských oblastech pomocí úbočního beztlakového kanálu

nebo převedením vody z jiného povodí .

- *Soustředění spádu i průtoku* se provádí většinou u PVE

2.2 Hlavní objekty hydro-energetického díla

Vodní dílo je tvořeno souborem stavebních objektů a staveb, strojních (technologických) a elektro-technických zařízení, za účelem soustředění vodní energie dané lokality.

Mezi objekty hydro-energetického díla patří:

- *Horní a dolní nádrž (HN;DN)*

U říčních VE jsou obě nádrže tvořeny přehradou nebo jezem, které obsahují také regulační propustná zařízení, např. jalové výpusti či jezová tělesa pro přepouštění velkých vod, ledů a splavenin. U akumulčních VE je HN samostatným objektem, který je propojen s DN přivaděčem (tlakovým potrubím). Vlastní strojovna VE je většinou v blízkosti DN, do které ústí sací trouby či odpady turbín. U PVE je objekt v HN vtokem do přivaděče při turbinovém provozu (T-provozu), ale také výtokem při čerpadlovém provozu (Č-provozu), a obdobně je tomu s objektem v DN.

- *Vtokový a výtokový objekt* – je většinou součástí přehrady či jezu. Prostřednictvím vtokového a výtokového objektu se voda přivádí či odvádí do přivaděče a hydraulického profilu daného HS (VT, AČ, ČT). Obsahuje také česlice (pro zabránění vniku těles do přivaděče), provizorní hrazení (pro uzavření přivaděče při opravách), bezpečnostní rychlouzávěr (RZ tabulový, klapkový, systém zavzdušnění), dále zdvihací mechanismy (hydro-motory pro ovládání RZ, jeřáby) aj. zařízení.

- *Přivaděcí zařízení* – je tvořeno jednak beztlakovým přivaděčem (tzn. s volnou hladinou), např. náhonem, kašnou, kanálem či štolou a jednak tlakovým přivaděčem, který je tvořen šachtou, štolou a většinou ocelovým potrubím. U systémů VE se dvěma a více stroji na společném přivaděči, jsou součástí přivaděče také různé typy odbočnic (kalhotové, kulové).

- *Objekt vlastní VE* – zahrnuje především strojovnu s hydraulickými a elektrickými stroji (turbínu a generátor, které jsou většinou na společném hřídeli). Mezi příslušenství hlavních strojů patří např. bezpečnostní uzávěry (kulové, klapkové s pevnou či průtočnou čoučkou), čerpací agregáty, regulátory, kompresory, větrníky, jeřáby aj. Kromě provozní budovy a dílny obsahuje tzv. „Velín“ s řídicí, regulační, měřicí a kontrolní technikou, rozvodnu vysokého napětí, pomocná zařízení (např. na vyčerpání prosáklé vody a oleje), kompresorovnu, olejové hospodářství apod.

- *Provozní a bezpečnostní zařízení* – zahrnující např. čisticí stroje na čištění česlic, uzávěry a jejich mechanismy včetně potrubí, synchronní a zavzdušňovací ventily, šachtu vyčerpání vody. Na dlouhé přivaděče se mnohdy instalují vyrovnávací komory (pro zlepšení regulačních vlastností HS a rázových poměrů v přivaděči při pochodech odstavujících soustrojí) apod.

- *Speciální objekty a zařízení* – které při komplexním řešení díla zahrnují také jalové výpusti s uzávěry, plavební komory a zařízení na splavování dřeva, rybovody, aerační (provzdušňovací) zařízení aj.

2.3 Základní systémy vodních elektráren

Rozdělení zdrojů vodní energie na přirozené a umělé je jen rámcové. Získání této energie spočívá v soustředění spádu, průtoku nebo spádu i průtoku. To umožňuje rozdělit systémy VE také na systémy říční, derivační, akumulční, slapové a kaskádové.

Říční systémy VE

Říční systémy jsou charakteristické tím, že vlastní VE je součástí vzdouvacího objektu a to jezu nebo přehrady.

Jezové VE buď leží v blízkosti jezu na přilehlém kanále nebo jsou přímo součástí jezového tělesa, takže voda přiváděná do turbíny neopouští v podstatě koryto řeky .

Přehradové VE mají vlastní strojovnu umístěnou částečně nebo úplně v tělese přehrady. Přívod k turbinám je řešen krátkým přivaděčem a odpad (tvořený sací troubou) ústí přímo do spodního

objektu nebo DN. Voda, která se nevyužije v turbinách přepadá přes jezová pole či přepady v hrázi přehrady. Ve většině případů se jedná o vodní díla s nízkým nebo se středním spádem, kde jsou použity turbíny Kaplanovy (různých modifikací) nebo turbíny Francisovy. U jezových VE se jedná o spády do $H=20\text{m}$ a u přehradových jsou to střední spády do $H=70\text{m}$.

Derivační systémy VE

Derivační systémy zahrnují VE s malými, středními i vysokými spády, ve kterých jsou instalovány různé druhy vodních turbin, např. turbíny Kaplanovy (KT) různých modifikací, diagonální-Dériazovy (DT), Francisovy (FT) i Peltonovy turbíny (PT).

Akumulační systémy špičkových VE

Jednak se jedná o VE s tzv. *primární (přirozenou) akumulací* (např. VE Slapy/Vltavou, VE Gabčíkovo/Dunajem ve SR aj.), ve kterých dostatečný obsah vody v HN umožňuje v době velké spotřeby (špičkového zatížení), aby jednotky VE zpracovávaly větší průtok než je přirozený přítok řečištěm.

Dále se jedná o VE s tzv. *sekundární akumulací* s možností přečerpávání vody z DN do HN, jednoznačně pro vysoké spády $H=300\div 500\text{m}$. V době malé spotřeby (většinou v noci) se čerpá voda z DN (tzv. vyrovnávací) do akumulační HN. Naopak v době špiček se při T-provozu vyrábí elektrická energie do sítě. Účinnost přečerpávání je cca 75%, což se považuje za rentabilní, protože snižování výkonu ES v noci i zvyšování výkonu ve špičkách výrobou v TE a ještě více v JE, je spojeno se značnými ztrátami, nehledě na nedostatečnou rychlost změny zatížení v jednotkách TE a JE.

Slapové systémy přílivových VE

Při vhodné morfologii mořského pobřeží je možné vybudovat VE na mořský příliv, příp. i odliv, proto mluvíme o slapových systémech, které využívají slapového efektu z přitažlivosti Měsíce a Slunce. V takových VE jsou většinou instalovány přímoproudé turbíny, které zpracovávají výšku vln obecně v rozsahu $H=4\div 15\text{m}$ (výjimečně až 19m).

2.4 Rozdělení VE

VE můžeme rozdělit podle různých hledisek, např. podle instalovaného výkonu jednotky (přičemž celkový výkon VE je dán součtem jmenovitých výkonů všech jednotek ve VE), podle spádu, podle provozního režimu, podle umístění strojovny a způsobu řízení VE.

Rozdělení podle výkonu a spádu

Podle instalovaného výkonu jednotky (rozdělení má pouze orientační charakter) :

- **mikro zdroje** – pro výkony: $P \leq 100\text{ kW}$
- **malé VE** – pro výkony: $P \leq 10\text{ MW}$;
- **střední VE** – pro výkony: $P \leq 100\text{ MW}$;
- **velké VE** – pro výkony: $P > 100\text{ MW}$ (zatím maximální výkon jednotky: cca 500 MW).

Podle využitelného spádu, který má rozhodující vliv na uspořádání díla a volbu druhu turbíny:

- **nízkotlaké VE** – pro spády: $H \leq 25\text{ m}$, kde jsou instalovány většinou modifikace KT;
- **středotlaké VE** – pro spády: $H \leq 100\text{ m}$ (KT do 70m, FT, DT a malé PT);
- **vysokotlaké VE** – pro spády: $H > 100\text{m}$ (DT do cca 200m, FT do 700m, PT do 1800m).

Podle vodního režimu:

- **průtočné VE**, které využívají jen přirozený průtok toku bez možnosti akumulace v HN;
- **regulační VE**, které mají možnost přirozené, smíšené nebo umělé akumulace v HN (denního, týdenního či ročního vyrovnávání průtoku).

Podle způsobu použití VE (PVE) v elektrizační soustavě (ES) daného regionu či státu:

- **základní VE**, které pracují jako průtočné po celý den (až 16h) na krytí základní části DDZ;
- **pološpičkové VE**, které pracují jako průtočné a krátkodobě jako špičkové (v dovoleném rozsahu_soustředěného průtoku ve svých HN) v pološpičkové části DDZ;
- **špičkové VE**, které pracují na krytí špičkové části DDZ-ES

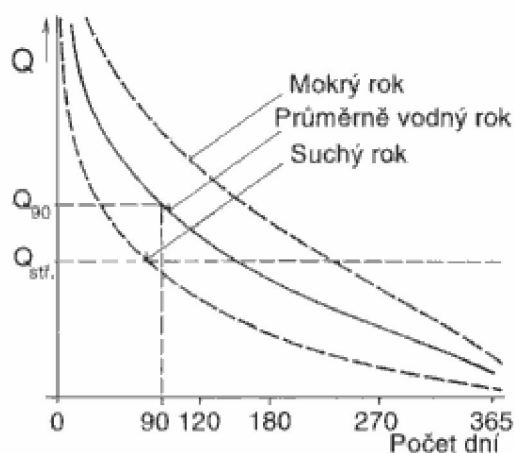
2.5 Vodní turbíny

Vodní turbína je točivý mechanický stroj, který přeměňuje kinetickou či tlakovou energii vody na mechanickou energii. Předchůdcem vodní turbíny bylo vodní kolo. Elektrický generátor resp. alternátor spojený s turbínou je hlavní součást vodních elektráren. Generátor převádí mechanickou energii turbíny na energii elektrickou. Turbíny dělíme podle uspořádání na vertikální, horizontální a šikmé. Podle způsobu přivádění vody mohou být přímoproudé, kolenové, kašnové, spirální nebo kotlové. Podle spádu na nízkotlaké (do 10 m), středotlaké (do 100 m), vysokotlaké (nad 700 m).

Pro výkon turbín a vůbec výběr jejího typu jsou podstatné průtok vodního toku a jeho spád. Tyto veličiny ovlivňují jak množství vyrobené energie, tak i celou koncepci budoucí vodní elektrárny. Každý typ vodního stroje a způsob jeho montáže je vhodný pro specifické přírodní podmínky.



Obr.č.29 Kaplanova turbína [42]



Graf č.5 Roční průtok [43]

Na ose x (Grafu č.5) je vynesena počet dní, na ose y průtok. Z hodnoty 90 dní odečteme na ose y průtok vody Q . Tento údaj znamená, že po 90 dní v roce je průtok vyšší než udávaná hodnota. Na 90 až 180 denní průtok se také obvykle dimenzuje výkon malého vodního díla. Výběr zařízení a technologie by měl co nejlépe vyhovovat místním podmínkám. Hltnost turbíny je maximální možný průtok turbínou při konkrétním spádu. Užitečný spád je výškový rozdíl mezi hladinami vody (ale přesněji čarami energie) před vodní turbínou a za ní. Maximální spád je pak největší užitečný spád, na který je turbína konstruována.

Rozdělení turbín podle celkové konstrukce:

Peltonova turbína

Používají se pro vysoký spád vody a malý průtok. Jsou vyráběny ve všech možných velikostech. Pro použití v energetice se využívá vertikální uložení a výkon až 200 MW. Nejmenší turbíny jsou velké několik desítek centimetrů a používají se pro malé vodní elektrárny s velkým spádem. Rozsah použití je od 15 m až po 1800 m.

Francisova turbína

Používá se pro střední a větší průtoky a spády. Jsou časté zejména u přečerpávacích elektráren. Například přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé Stráně používá dvě Francisovy turbíny o výkonu 325 MW.

Kaplanova turbína

Je přetlaková axiální turbína s velmi dobrou možností regulace. Toho se využívá především v místech, kde není možné zajistit stálý průtok nebo spád. Turbínu vynalezl profesor brněnské techniky Viktor Kaplan. Od svého předchůdce, Francisovy turbíny, se liší především menším počtem lopatek, tvarem oběžného kola a především možností regulace náklonu lopatek u oběžného i rozváděcího kola. Má vyšší účinnost než Francisova turbína, je ale výrazně složitější a dražší. Používá se pro spády od 1 do 70,5 m a průtoky 0,15 až několik desítek m³/s. Obecně se dá říci, že se používá především při velkých průtocích a malých spádech, které nejsou konstantní.

Dériazova turbína

Používá se u středních spádů a průtoků, turbínu lze uspořádat jako reverzní = při přetočení lopatek může pracovat jako čerpadlo (přečerpávací elektrárny).

Teslova turbína

Teslova turbína je bezlopatková turbína, kterou si nechal patentovat Nikola Tesla v r. 1913. Turbína je založena na principu tření mezi proudícím médiem (kterým může být voda, ale třeba i pára či jiný plyn nebo kapalina) a povrchem rotoru turbíny. Rotor turbíny se skládá ze sady disků, mezi nimiž proudí usměrněné médium. Díky tření o povrch disků vzniká síla, která disky uvádí do pohybu. Samotné médium předává svou energii rotoru, jeho rychlost klesá a po spirálové dráze se přesouvá ke středu turbíny, kde je odtokový otvor.

Bánkiho turbína

Je vhodná zejména na malé toky, ne však tam, kde hrozí vzestup spodní vody. Je velmi jednoduchá na výpočet a snadno realizovatelná na výrobu. Výroba nevyžaduje žádné speciální materiály, lze ji vyrobit z obyčejného plechu. Je však vhodná pouze tehdy, kdy je její průměr nejméně 5x...10x menší, než spád „H“. Nevýhodou je část ztraceného spádu (to lze řešit savkou). Vykazuje dobrou účinnost v rozsahu od 30 do 100% plnění. Je snadno a rychle regulovatelná. Mimo uzavírací orgán je tato turbína méně citlivá na nečistoty. Změna jejího zatížení má pouze nepatrný vliv na průtok. Běh bez zatížení ji nevadí. Ložiska jsou mimo vodu, takže je možno pracovat i s pitnou vodou bez nebezpečí jejího znečištění. Vhodnou volbou šířky kola nebo dělením do více sekcí ji můžeme téměř vždy přizpůsobit hydrologickým podmínkám lokality.

Popis Bánkiho turbíny

H - činný spád [m]

H₂ - spád v kole [m]H_{ztr} - výška nad spod.vodou [m]

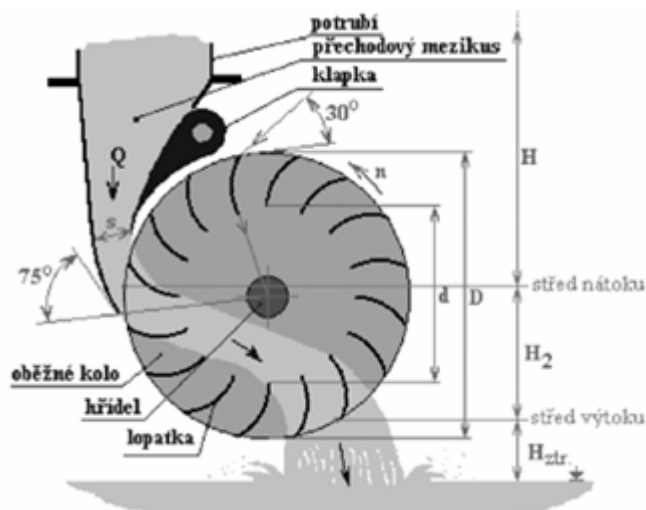
D - vnější průměr kola [mm]

d - kružnice na níž končí lopatky [mm]

n - otáčky turbíny [ot./min.]

s - jmenovité otevření šterbiny [mm]

Q - jmenovitý průtok [litr./sec.]



Obr.č.30 Popis Bánkiho turbíny [44]

Voda je do turbíny přiváděna potrubím kruhového průřezu. Před samotným ústím turbíny je rozšíření potrubí na čtvercový nebo obdélníkový průřez. V této části se nacházejí i regulační klapky. Za tímto rozšířením je klapka, která vodu nasměruje na lopatky kola. Lopatky kola vodu odráží ke středu hřídele, při tomto získává celé kolo část energie vody. Toto první předání energie činí 79% z celkového výkonu. Voda projde zavzdušněným vnitřkem kola a na druhé straně je vychýlena a předává další část své energie. Tato část je 21% z celkového výkonu turbíny. Díky tomuto systému je plně využit spád H a H₂. Spád H_{ztr} je tedy ztracený. [53]

3. TECHNICKO-EKONOMICKÁ ANALÝZA

Že potenciál vodních toků pro výstavbu velkých vodních elektráren v ČR je vyčerpán bylo uvedeno v předešlé části. To ale vůbec neplatí pro malé vodní elektrárny. Jejich výstavba totiž nevyžaduje masivní zásahy do krajiny, ani enormní investiční náklady. Malé vodní elektrárny většinou pracují na menších tocích, jejichž průtok se mění v závislosti na ročním období a úhrnu srážek. Na rozdíl od velkých vodních elektráren se přitom musejí obejít bez vysokých hrází zajišťujících potřebný spád a stálou zásobu vody. V daleko větší míře proto musejí být přizpůsobeny konkrétním podmínkám lokality, v níž se nacházejí. Při vhodném umístění a konstrukčním řešení ale mohou patřit k nejekologičtějším a nejekonomičtějším energetickým zdrojům vůbec. Pojmem malá vodní elektrárna jsou pak označovány všechny vodní elektrárny s instalovaným výkonem do 10MW.

Podrobněji se MVE dělí podle výkonu na:

- průmyslové (od 1 do 10 MW)
- závodní, nebo veřejné (od 100 do 1000 kw)
- drobné, nebo minielektrárny (od 35 do 100 kw)
- mikrozdroje, nebo také mobilní zdroje (pod 35 kW)

3.1 Technické předpoklady (pořízení MVE)

Zájemce o pořízení malé vodní elektrárny má na výběr z několika možností, jak ji získat:

- *Koupit již provozovanou.* Tak jako v případě nákupu starší nemovitosti nebo ojetého auta je ovšem na místě velká dávka opatrnosti. Lze totiž očekávat, že nikdo se nebude jen tak pod cenou zbavovat bezproblémově fungujícího a ziskového podniku.
- *Rekonstruovat starou.* Toto řešení bývá mnohdy dražší než postavit zcela novou.
- *Vybudování nové.* Zásadní význam při této variantě je pak výběr vhodné lokality.

Po provozovateli MVE je požadováno udržovat stanovený tzv. sanační průtok, tedy stálý průtok vody v původním korytě vodního toku z ekologických důvodů. Při budování VE jde o zásahy do okolní přírody, vytvoření překážky bránící přirozené migraci ryb a vodních živočichů a především pak možné narušení ekosystému velkým odběrem vody. Při dodržení podmínek pro výstavbu a provoz elektrárny stanovených v rámci vodoprávního a stavebního řízení by však všechna tato nebezpečí neměla přírodu nijak ohrozit. Případné nedodržení těchto podmínek bývá přísně postihováno. Nejproblematictější částí stavby ve smyslu získání potřebných povolení bývá část vodního díla upravující podmínky na vodním toku, tzn. zejména zajišťující vzdutí hladiny a tím i potřebný spád. Proto se vyplatí zaměřit pozornost na místa, kde lze v co největší míře využít stávajících přírodních podmínek (přírodní prahy, terénní nerovnosti) nebo již existujících staveb (staré mlýny, hamry, pily atd.).

O výkonu budoucí elektrárny bude rozhodovat :

- využitelný průtok (neměl by příliš kolísat)
- spád vodního toku (měl by dosahovat alespoň 1 metru).
- účinnosti použité turbíny a generátoru

Jak je uvedeno, tak v místě malé vodní elektrárny by měl být dostatečný spád a průtok. Jenom vodních turbín existují desítky druhů v mnoha modifikacích. Každá z nich má výhody a nevýhody, které je předurčují do různých podmínek. Při výběru správného řešení turbína může vykazovat více než 90% účinnost, při nesprávném nemusí fungovat vůbec.

Mezi základní parametry z pohledu využití vodní elektrárny patří tedy výkon vodní turbíny. Ten se může stanovit následujícím zjednodušeným vzorcem:

$$P = Q \cdot H \cdot k$$

Kde je P výkon [kW], Q průtočné množství vody [m³/s], H spád využitelný turbínou a k je bezrozměrná konstanta uváděná v rozsahu od 6,5 do 8,5 (ovlivňuje účinnost soustrojí a odpovídá technické úrovni použité technologie)

Základní terminologie:

Průtok turbínou - Celkové množství protékající turbínou za 1 sekundu. Udává se v (m³/s).

Hltnost turbíny - Pro konkrétní spád udává vždy maximální průtok turbínou při tomto spádu.

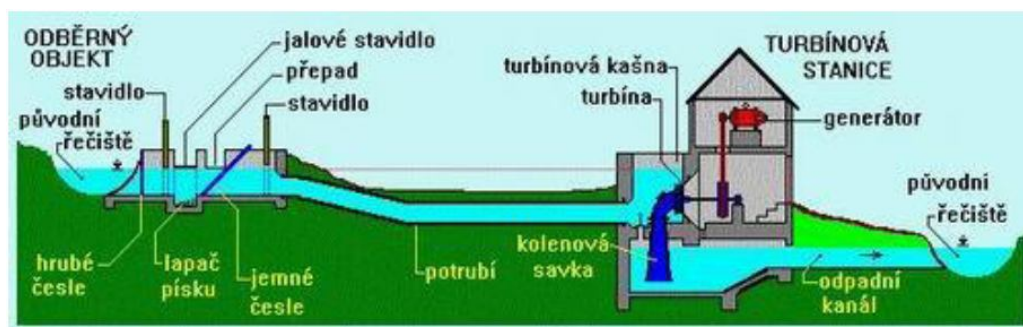
Jmenovitá hltnost - Maximální průtok nebo jmenovitý průtok turbínou při jmenovitém spádu, tj. při spádu, při němž je nejvyšší účinnost.

Hltnost při maximálním spádu - Největší zaručený průtok při max. spádu.

Průtoková kapacita - Největší průtok, který projde všemi turbínami elektrárny.

Hrubý spád - H (brutto) je celkový statický spád mezi dvěma uvažovanými profily úseku řeky, který chceme energeticky využít.

Užitný spád - H (netto) je výškový rozdíl mezi čarami energie těsně před vodním motorem a za ním. Je to hrubý spád, od něhož jsou odečteny hydraulické ztráty v přiváděči a odpadu, které se nezahrnují do účinnosti turbíny.



Obr.č.31 Schéma Malé vodné elektrárny [45]

Firmy zabývající se výrobou obvykle nabízejí ucelené řady turbín, z nichž se pochopitelně vybírá ta, která vyhoví nejvíce parametrům zvolené lokality. Doporučuje se vždy provádět výběr v soutěži minimálně mezi třemi dodavateli. Často používanými turbínami pro MVE jsou turbíny Kaplanova a Bánkiho.

3.2 Ekonomické předpoklady

Elektřinu z vodních elektráren může investor - spotřebovávat
- prodávat do sítě

Je-li MVE například součástí průmyslového areálu, je obvykle výhodnější elektřinu spotřebovat na místě a uplatnit tzv. zelené bonusy. Ty vyplácí lokální distributor elektřiny (ČEZ, E.ON), stejně jako výkupní ceny. Zelené bonusy lze uplatnit i v případě, že majitel MVE vyrobenou elektřinu spotřebuje v jiném svém objektu, musí však zaplatit za distribuci elektřiny veřejnou sítí. Existuje i možnost prodat elektřinu z MVE třetí osobě.

Elektřinu z MVE je možno dodávat do sítě. Tak jako pro všechny OZE, tak i pro VE předepisuje výkupní ceny Energetický regulační úřad pro každý rok zvlášť. Zákonem je garantováno, že tato cena se nezmění po dobu 30 let od uvedení MVE do provozu (resp. od její rekonstrukce). U průtokových MVE lze dodávat do sítě celý den za jednotnou cenu. Tam, kde je možné vodu zadržet, je výhodnější dodávku rozdělit na špičku, kdy je vyšší cena (MVE pracuje na vyšší výkon) a mimo špičku, kdy je cena nižší, výkon MVE snížit.

Kč/kWh	Výkupní cena elektřiny do sítě			Zelené bonusy		
	celodenní	VT	NT	celodenní	VT	NT
po 1. 1. 2010	3,000	3,800	2,600	2,030	2,450	1,805
po 1. 1. 2008	2,760	3,800	2,240	1,790	2,450	1,445
po 1. 1. 2006	2,600	3,800	2,000	1,630	2,450	1,205
po 1. 1. 2005	2,350	3,470	1,790	1,380	2,120	0,995
před 1. 1. 2005	1,830	2,700	1,400	0,860	1,350	0,605

Tab.č.10 Výkupní ceny z MVE pro rok 2010 [46]

Příklad

Jako příklad ekonomické výhodnosti/nevýhodnosti uvedu realizovaný projekt malé vodní elektrárny v Hradci Králové. Vodní tok má maximální průtok 1450 l/s. Turbína bude poháněna náhonem, který dříve sloužil k náhonu pily. Výškový rozdíl hladin náhonu a potoka v místě plánovaného umístění elektrárny je 2,7 m. Byly získány hydrometeorologické údaje o průtoku vody potokem během roku.(Viz. tabulka č.11)

Dny	0	20	30	60	90	120	150	180	210	270
Q_{md} [Vs]		1450	1200	950	710	580	490	410	350	290
Q_{md}^{-MZP} [Vs]		1250	1000	750	510	380	290	210	150	90

Tab.č. 11 MZP = 200 Vs , Q_{md} = dení průtok, MZP = minimální zůstatkový průtok [47]

Na základě údajů z tabulky (č.11) bylo stanoveno, že maximální hlnost turbíny může být 800 l/s. Tato hodnota zohledňuje minimální sanační průtok 180 l/s potokem pod jezem a 20 l/s průtoku kanalizační částí náhonu. Za pomoci údajů z tabulky 1 byla sestavena tabulka 2, ve které je vypočtena roční výroba elektřiny. Z tabulky vyplývá, že elektrárna bude v provozu 210 dnu a ročně může vyprodukovat 37,8 MWh energie. Pro dodávku turbíny byly poptány firmy, které se zabývají výrobou a dodávkou turbín nebo celého soustrojí (turbína a generátor) pro MVE. V zadání pro návrh byly uvedeny parametry pro turbínu – hlnost 800 l/s (budou použity 2 turbíny každá o hlnosti 400 l/s) a spád 2,7 m. Po porovnání učiněných nabídek byla vzhledem k finančním možnostem, vybrána Bánkiho turbína. [53]

Dny	Počet dní	Q_T [l/s]	H_U [m]	$-T$	P_T [kW]	$-P$	$-G$	P_G [kW]	E_G [kWh]
15 - 45	30	800	2,7	0,83	17,59	0,83	0,93	13,58	9774,5
45 - 75	30	750	2,7	0,83	16,49	0,83	0,93	12,73	9163,59
75 - 105	30	510	2,7	0,83	11,21	0,83	0,93	8,65	6231,24
105 - 135	30	380	2,7	0,83	8,35	0,83	0,93	6,45	4642,89
135 - 175	30	290	2,7	0,83	6,38	0,83	0,93	4,92	3543,25
175 - 205	30	210	2,7	0,83	4,62	0,83	0,93	3,56	2565,81
205 - 235	30	150	2,7	0,83	3,3	0,83	0,93	2,55	1832,72
Celkem	210							Výroba celkem	37753,99

Tab.č.12 QT průtok turbínou , T účinnost turbíny , P účinnost převodu , PG výkon generátoru
 H_U čistý spád, P_T Výkon turbíny , G účinnost generátoru, E_G energie [48]

Kalkulace

Stavba MVE je finančně náročnou záležitostí. Do ekonomické rozvahy musíme zahrnout i náklady na pozemek, projekt a vlastní stavbu či úpravu objektu. Největší investicí je technické vybavení MVE (turbína, generátor, připojení k síti). V neposlední řadě musíme počítat i s provozními náklady. K dnešnímu dni ještě nejsou všechny náklady vyčísleny.

Odhad předpokládaných nákladů činí:

Turbína 1 bez klapky	95 000 Kč
Turbína 2 s klapkou	155 000 Kč
Řemenice	16 000 Kč
Úprava náhonu	98 000 Kč
Oprava jezu	30 000 Kč
Stavební práce	480 000 Kč
Generátory 2ks	32 000 Kč
Přípojka	18 000 Kč
Elektroinstalace s regulací	67 000 Kč
Nákup pozemků	21 800 Kč
Projekt, poplatky, apod	23 000 Kč
Celkové náklady	1 000 000 Kč

Tab.č.13 Celkové náklady na vybudování MVE [49]

Výroba celkem - 37 754 kWh

Výkupní cena – 3 Kč kWh

Celkové náklady – 1 000 000 Kč

Návratnost = celkové náklady / (celková výroba * výkupní cena)

$$= 1\,000\,000 / (3 \cdot 37\,754) = 8,8 \text{ let}$$

Roční zisk = $37\,754 \cdot 3 = 113\,262$ Kč

Celkový zisk = $11 \cdot 113\,262 = 1\,245\,882$ Kč

11 = doba v letech, kdy nám bude elektrárna čistě vydělávat (20-9)

Při nynějších výkupních cenách vychází návratnost investice za necelých 9 let. Každý rok nám pak bude MVE vydělávat 113 262 Kč. Celkový zisk, který nám tato MVE může za garantovanou dobu výkupu vydělat je 1 245 882 Kč. Jak je vidět, investovat do takového projektu je z pohledu delšího časového horizontu určitě výhodné.

ZÁVĚR

Cílem mé práce bylo shrnout poznatky o současném použití obnovitelných zdrojů energie, příslušných technologií a zařízení. V první části jsem se soustředil v krátkosti shrnout historii daného zdroje a nahlédnout na současnou situaci využití v České republice. Druhá část se zaměřuje na popis zařízení a příslušné technologie. Třetí část se zabývá možnostmi využití zařízení především k výrobě a následnému prodeji elektrické energie. Byla provedena ekonomická analýza tak, aby bylo zřetelné, zda se člověku vyplatí do technologie a zařízení investovat.

Z provedeného studia dostupné literatury vyplývá, že mezi obnovitelné zdroje energie využívané na území ČR patří solární energie, vodní energie, větrná energie a biomasa. Z uvedených výpočtů jde vidět, že solární elektrárna umístěná na střeše rodinného domu může za rozumnou dobu vloženou investici vrátit a do rozpočtu domácnosti přinést i slušné peníze ve formě zisku. Solární elektrárny tak zaznamenávají výrazný růst, který je z jisté míry ovlivněn výkupními cenami elektřiny, které donedávna stále stoupali. V současnosti dochází k úpravám cen směrem dolů, ale i přesto se pořízení solární elektrárny stále vyplatí a z pohledu investora je koupě právě domácí solární elektrárny nejjednodušší ze všech možností výroby elektřiny z OZE.

K pořízení domácí větrné elektrárny tzv. mikrozdroje za účelem zisku z prodeje elektřiny distributorovi ještě nenadešel čas. Výkon, účinnost ani výkupní ceny nejsou na takové úrovni, aby se pořízení domácí elektrárny vyplatilo. Se ziskem z větrné energie se dá mluvit zatím jen u velkých větrných elektráren či celých větrných parků.

Případná investice do biomasy za účelem prodeje elektřiny není pro domácnosti příliš výhodná. Kogenerace je současná výroba tepla a elektrické energie. Právě účinnost při výrobě elektřiny není moc vysoká, a tak se domácnostem vyplatí použití biomasy spíše k výrobě tepla. Jiná situace je u větších investorů než jsou domácnosti např. firmy pracující s nakládáním s odpady mohou skládku přeměnit na elektrárnu. Vložená investice se v námi uvedeném příkladu vrátí relativně rychle a zisk z prodeje elektřiny je pak docela vysoký.

Pořízení vodní elektrárny je z našich možností asi ta nejsložitější a pro domácnosti málo představitelná. Ale pokud má někdo ve vlastnictví například starý mlýn, je možné upravit jeho funkci tak, aby sloužil výrobě elektrické energie. Z našeho příkladu je pak zřejmé, že takováto investice se vyplatí.

Je patrné, že využití obnovitelných zdrojů a výroba energie z nich skrývá ještě další prostor pro vysoký růst. Dá se tedy předpokládat, že podíl OZE na celkové světové spotřebě se dále zvýší na úkor zdrojů primárních, k čemuž se zavázala nejen Evropská unie ale většina zemí světa. K tomuto podílu může přispět i každý z nás, právě pořízením některé z nabízených technologií.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

OBRÁZKY,TABULKY,GRAFY

- [1] - Graf č.1 Energetická náročnost jednotlivých zemí, zdroj: Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice, Ing. Jan Motlík CSc., dipl. technik Libor Šamánek, Praha 2003
- [2] - Graf č.2 Podíl obnovitelných zdrojů energie v jednotlivých zemích , zdroj:Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice, Ing. Jan Motlík CSc., dipl. technik Libor Šamánek, Praha 2003
- [3] - Graf č.3 Podíl zdrojů na výrobě elektřiny v ČR v roce 2005, zdroj:Obnovitelné zdroje energie a jejich uplatnění v České republice, Ing. Jan Motlík CSc., dipl. technik Libor Šamánek, Praha 2003
- [4] - Obr.č.1 Vesmírná stanice ISS, zdroj: www.iss.astronomy.cz, 14.4.2010(*datum stáhnutí*)
- [5] - Tab.č.1 Množství energie dopadající na 1m jižní střechy(úhel 40), zdroj:ČHMU,14.4.2010
- [6] - Obr.č.2 Celkové roční sluneční záření na území ČR (kWh/m²) ,zdroj: ČHMU,14.4.2010
- [7] - Obr.č.3 Princip fotovoltaického článku ,zdroj:www.elmont-invest.com,15.4.2010
- [8] Obr.č. 4 Fotovoltaické kolektory,zdroj:www.zelenamanie.cz, 16.4.2010
- [9] Obr.č.6 Schéma termického systému na ohřev vody ,zdroj:www.solarobchod.cz,16.4.2010
- [10] Obr.č. 7 Ostrovní solární systém ,zdroj:www.oze-plus.cz,16.4.2010
- [11] Obr.č.8 Fotovoltaický systém na výrobu el. energie do sítě ,zdroj: www.oze-plus.cz,16.4.2010
- [12] Obr.č.9 Sklon a orientace FV panelů ,zdroj:www.nazeleno.cz,17.4.2010
- [13] Obr.č.10 Mapa slunečního záření v ČR ,zdroj:ČHMU,17.4.2010
- [14] Tab.č.2 vyrobené množství (v jednotlivých měsících) ,zdroj:www.sunbird.jrc.it ,1.5.2010
- [15] Tab.č.3 množství vyrobené elektrické energie, zdroj:www.sunbird.jrc.it ,1.5.2010
- [16] Tab.č.4 Výsledná kalkulace,zdroj:Vlastní tabulka
- [17] Obr.č.11 Větrný mlýn ,zdroj:www.cestovatel.cz,19.4:2010
- [18] Graf.č.4 Rozmístění výkonu VTE (2007) ,zdroj:CEZ,26.4.2010
- [19] Obr.č.12 Mapa území vhodných pro umístění větrných elektráren,zdroj:CHMU,19.4.2010
- [20] Obr.č.13 Výsledné pole průměrné rychlosti větru v m/s ve výšce 100 m,zdroj: CHMU,19.4.2010

- [21] Obr.č.14 Vznik větru,zdroj: CHMU,19.4.2010
- [22] Obr.č.15 Mikroelektrárna ,zdroj:www.obnovitelne-energie.cz,19.4.2010
- [23] Obr.č.16 Malá větrná elektrárna,zdroj: www.obnovitelne-energie.cz,19.4.2010
- [24] Obr.č.17 Velké větrné elektrárny,zdroj: www.obnovitelne-energie.cz,19.4.2010
- [25] Obr.č.18 Popis částí velké větrné elektrárny,zdroj:www.ekowatt.cz, 22.4.2010
- [26]]Tab.č.5 Beaufortova stupnice větru ,zdroj:www.bestkiteboarding.cz,22.4.2010
- [27] Tab.č.6 Koeficient ročního využití elektráren ,zdroj:CEZ,22.4.2010
- [28] Obr.č.19 Větrná mapa ČR,zdroj:www.nazeleno.cz,22.4.2010
- [29]Tab.č.7 Výkupní ceny větrné energie,zdroj:ERU,22.4.2010
- [30] Obr.č.20 Energy Ball ,zdroj:www.nazeleno.cz,2.5.2010
- [31] Obr.č.21 Energetické traviny,zdroj:www.biom.cz,2.5.2010
- [32] Obr.č.22 Zpracování biomasy,zdroj:www.biom.cz,2.5.2010
- [33] Tab.č.8 Výroba v elektrárnách spalující biomasu ,zdroj:www.biom.cz,2.5.2010
- [34] Obr.č.23 Jednoduché schéma kogenerační jednotky,zdroj: www.trever-eve.eu,2.5.2010
- [35] Tab.č.9 Výkupní ceny a zelené bonusy pro výrobu elektřiny z biomasy,zdroj:ERU,2.5.2010
- [36] Obr.č.24 Schéma skládky s využitím bioplynu ,zdroj:www.denik.cz,2.5.2010
- [37] Obr.č.25 Starý vodní mlýn,zdroj:www.cestovník.cz,1.5.2010
- [38] Obr.č.26 Vodní elektrárna Orlik,zdroj:www.freeyacht.cz,1.5.2010
- [39] Tab.č.10 Přehled velkých vodních elektráren v ČR,zdroj:CEZ,1.5.2010
- [40] Obr.č.27 Umístění VVE v ČR ,zdroj:CEZ,1.5.2010
- [41] Obr.č.28 Schéma přečerpávací elektrárny,zdroj:www.simopt.cz,2.5.2010
- [42] Obr.č.29 Kaplanova turbína,zdroj:www.cojeco.cz,2.5.2010
- [43] Graf č.5 Roční průtok,zdroj:
- [44] Obr.č.30 Popis Bánkiho turbíny,zdroj:www.mve.energetika.cz,2.5.2010
- [45] Obr.č.31 Schéma Malé vodné elektrárny,zdroj: www.mve.energetika.cz,2.5.2010
- [46] Tab.č.10 Výkupní ceny z MVE pro rok 2010,zdroj:ERU,2.5.2010

[47] Tab.č. 11 MZP = 200 Vs ,Qmd = denní průtok, MZP = minimální zůstatkový průtok, zdroj: www.vos.vdf.cz

[48] Tab.č.12 QT průtok turbínou , zdroj: www.vos.vdf.cz, 2.5.2010

[49] Tab.č.13 Celkové náklady na vybudování MVE, zdroj: www.vos.vdf.cz, 2.5.2010

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ, LITERATURA

Solární energie

[50]

Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice, Napsal: Ing. Jan Motlík CSc., dipl. technik Libor Šamánek, RNDr. Josef Štekl CSc., Ing. Jaroslav Váňa CSc., Ing. Radim Bařínka, Ing. Miroslav Šafařík Ph.D., Praha 2003

Fotovoltaika v ČR a její financování, Martin Barteš, Farmtec 2010

<http://www.nazeleno.cz/vune-penez/clanky-5/solarni-energie-slunecni-paprsky-jsou-zadarmo.aspx> , 28. 08. 2008

<http://www.nazeleno.cz/energie/fotovoltaika-1/domaci-solarni-elektrarna-kolik-stoji-vyplati-se.aspx>, 19. 06. 2009

http://www.nazeleno.cz/energie/chap_58/solarni-energie-kolik-kwh-lze-ziskat-vyhody-a-nevyhody.aspx, 17. 07. 2008

<http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika/ziv-cyklus>, Bechník, R. Bařínka, P. Čech

<http://www.esl.cz/blog-category/25-technicky-popis>, 2009

<http://www.nazeleno.cz/energie/kalkulacka-fotovoltaicke-systemy.aspx>, 26. 08. 2008

<http://www.solarni-energie.info/fotovoltaicke-solarni-panely-kolektory.php>

<http://www.nazeleno.cz/energie/krize-fotovoltaiky/konec-solarnich-elektren-v-cesku-kde-se-stala-chyba.aspx>, 23. 02. 2010 Jana Poncarová

http://www.solarhaus.cz/technika/kolik_energie_vyrobi_moje_budouci_fotovoltaicka_elektrarna.html, 31.7.2008

<http://www.nazeleno.cz/energie/fotovoltaika-1/fotovoltaika-vyplati-se-vykup-elekriny-nebo-zelene-bonusy.aspx>, 21. 10. 2009 , Jana Poncarová

Větrná energie

[51]

Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice, Napsali: Ing. Jan Motlík CSc., dipl. technik Libor Šamánek, RNDr. Josef Štekl CSc., Ing. Jaroslav Váňa CSc., Ing. Radim Bařínka, Ing. Miroslav Šafařík Ph.D., Praha 2003

<http://www.csve.cz/cz/clanky/ocelovy-tubusovy-stozar/229>, 08. 01. 2010

http://www.nazeleno.cz/energie/vetrna-energie/pd_38/page_3/pagercode_kfp/faid_74/vetrna-energie-a-jeji-vyuziti-v-ceske-republice.aspx, 24. 11. 2008 , Jana Poncarová

<http://www.nazeleno.cz/energie/mala-vetrna-elektrarna-v-praxi-kolik-vydela.aspx>

<http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=5154>, Autor: Bronislav Bechník, 20.10.2008

<http://www.setrime-energie.cz/clanky/aktuality/zprava-pacesovy-komise-a-oze>,

<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=5454>

www.alternativni-zdroje.cz

<http://www.eru.cz/>

Biomasa

[52]

Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice, Napsali: Ing. Jan Motlík CSc., dipl. technik Libor Šamánek, RNDr. Josef Štekl CSc., Ing. Jaroslav Váňa CSc., Ing. Radim Bařinka, Ing. Miroslav Šafařík Ph.D., Praha 2003

<http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=5902&h=2&pl=49>, 14.9.2009 ,Autor: Bronislav Bechník
<http://biom.cz/cz-obnovitelne-zdroje-energie/odborne-clanky/stav-a-moznosti-vyuziti-rostlinne-biomasy-v-energetice-cr>, Zdeněk Stražil, Josef Šimon
<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-jako-zdroj-energie>, Jan Weger
<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/spoluspalovani-biomasy-v-kotlich-elektrarny-kladno>, Petr Karafiát
<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zkusenosti-s-vyuzitim-drevni-biomasy-jako-obnovitelneho-a-alternativniho-zdroje>, Josef Novotný
<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kotelny-na-biomasu-pro-obce-a-mesta>, Jaroslav Kára
<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-biomasy>, Karel Murtinger
<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-biomasy-pro-lokalni-a-centralni-vytapeni>, Vladimír Verner
<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zkusenosti-s-provozem-kotle-na-drevoplyn-v-rodinnem-domku-2>, Martin Holický
<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/upravy-kotlu-pro-spalovani-biopaliv>, Václav Sladký
<http://www.biomasa-info.cz/cs/download.htm>,
<http://www.nazeleno.cz/vytapeni-1/drevena-ekopaliva-pelety-a-brikety-misto-uhli-a-plynu.aspx>, 11. 09. 2008 ,Michael Stern
<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyuziti-bioplynovych-stanic-pro-pokryti-velke-casti-vysoke-denni-spotreby-elektriny-v-elektrizacni-soustave-CR>, Pavel Bláha
Skanska, a.s., Divize Technologie, Praha, červen 2007

http://plzensky.denik.cz/podnikani/kogeneracni_jednotka20071107.html, Jiří Kokoška ,2007

Vodní

[53]

Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice, Napsali: Ing. Jan Motlík CSc., dipl. technik Libor Šamánek, RNDr. Josef Štekl CSc., Ing. Jaroslav Váňa CSc., Ing. Radim Bařinka, Ing. Miroslav Šafařík Ph.D., Praha 2003

<http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3645&h=279&pl=49>, 6.11.2006 ,Autor: Ing. Libor Novák
<http://www.alternativni-zdroje.cz/vodni-geotermalni-energie.htm>,
<http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/vodni-energie>,
<http://www.nazeleno.cz/energie/vodni-energie/mala-vodni-elektrarna-kolik-elektriny-vyrobi-vyplati-se.aspx>, 09. 03. 2010 , Petr Bukač
<http://www.nazeleno.cz/energie/vodni-energie/vodni-elektrarny-v-ceske-republice-kolik-vyrobi-elektriny.aspx>, 16. 03. 2010 ,Tereza Prošková
<http://mve.energetika.cz/>
<http://www.simopt.cz/energyweb/web/schemata/vodni/index.htm> ,
<http://www.vosvdf.cz/cmsb/userdata/489/obnovitelne-zdroje/Male%20vodni%20elektrarny.pdf>,